

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-194726

(43)公開日 平成8年(1996)7月30日

(51)Int.Cl.<sup>a</sup>  
G 0 6 F 17/50

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 0 6 F 15/ 60

6 6 2 A

審査請求 未請求 請求項の数44 O L (全 28 頁)

(21)出願番号 特願平7-274440

(22)出願日 平成7年(1995)10月23日

(31)優先権主張番号 特願平6-280774

(32)優先日 平6(1994)11月15日

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(71)出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号

(72)発明者 後藤 一成

神奈川県横浜市港北区新横浜二丁目15番16  
株式会社富士通コンピュータテクノロジー  
内

(74)代理人 弁理士 遠山 勉 (外1名)

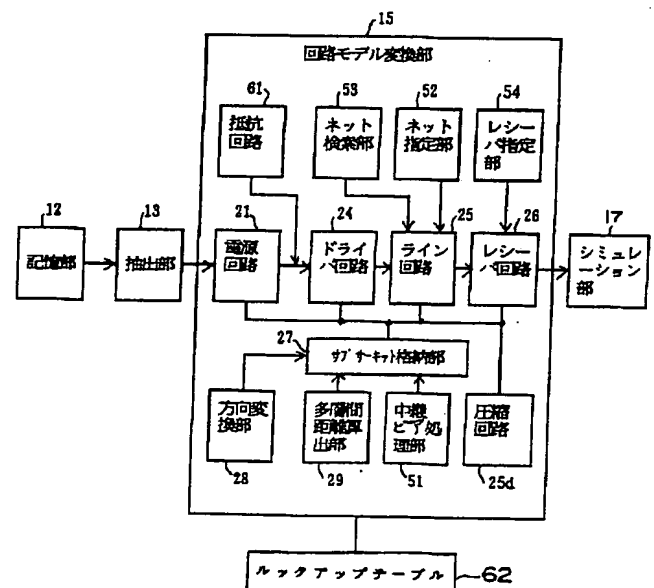
(54)【発明の名称】 回路シミュレーションモデル抽出方法及び装置

(57)【要約】

【課題】回路モデルの作成工数を低減する。

【解決手段】記憶部12が論理回路を構成する複数の論理機能要素を表す論理情報とプリント回路基板上の前記複数の論理機能要素に対応する複数の部品の配線情報とを記憶し、抽出部13は前記記憶部に記憶された論理情報及び配線情報から回路シミュレーションを実行すべき論理情報及び配線情報を抽出し、回路モデル変換部15が前記抽出部により抽出された論理情報及び配線情報を前記回路シミュレーションを実行するために適した回路モデルに変換し、シミュレーション部17が前記回路モデル変換部により変換された回路モデルにより前記回路シミュレーションを実行し前記抽出部により抽出された論理情報及び配線情報に対応する前記複数の部品間での電気的な特性を把握する。

本発明の回路シミュレーションモデル抽出装置を示す図



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 論理回路を構成する複数の論理機能要素を表す論理情報とプリント回路基板上の前記複数の論理機能要素に対応する複数の部品の配線情報とを記憶する記憶部と、  
前記記憶部に記憶された論理情報及び配線情報から回路シミュレーションを実行すべき論理情報及び配線情報を抽出する抽出部と、  
前記抽出部により抽出された論理情報及び配線情報を前記回路シミュレーションを実行するために適した回路モデルに変換する回路モデル変換部と、  
前記回路モデル変換部により変換された回路モデルにより前記回路シミュレーションを実行し前記抽出部により抽出された論理情報及び配線情報に対応する前記複数の部品間での電気的な特性を把握するシミュレーション部と、を備えた回路シミュレーションモデル抽出装置。

【請求項2】 前記記憶部は、電源からの信号によって駆動されるドライバと信号を受信するレシーバとドライバ及びレシーバ相互間を結ぶ配線を表すネットとを前記配線情報として複数のプリント回路基板分だけ記憶し、前記抽出部は、前記記憶部に記憶された複数のプリント回路基板分の配線情報から前記回路シミュレーションを実行すべきプリント回路基板の配線情報を抽出し、前記回路モデル変換部は、前記電源に対応する電源サブサーキット、前記ドライバに対応するドライバサブサーキット、前記レシーバに対応するレシーバサブサーキット、前記ネットに対応するラインサブサーキットとのサブサーキットを回路シミュレーションデータとして格納するサブサーキット格納部と、  
前記サブサーキット格納部から前記電源サブサーキットを読み出す電源回路と、  
前記電源サブサーキットに接続され前記ドライバを前記サブサーキット格納部に記憶された前記ドライバサブサーキットに変換するドライバ回路と、  
前記ドライバサブサーキットに接続され前記ネットを前記サブサーキット格納部に記憶された前記ラインサブサーキットに変換するライン回路と、  
前記ラインサブサーキットに接続され前記レシーバを前記サブサーキット格納部に記憶された前記レシーバサブサーキットに変換するレシーバ回路とを備えた請求項1に記載の回路シミュレーションモデル抽出装置。

【請求項3】 前記抽出部は、前記配線情報に複数のネットが含まれる場合に前記配線情報から前記複数のネットを抽出し、  
前記ライン回路は、前記抽出部により抽出された複数のネットの一部分が互いに近接する場合に前記複数のネットの一部分を1つのラインに変換し、前記複数のネットの残りの部分を複数のラインに変換する請求項2に記載の回路シミュレーションモデル抽出装置。

【請求項4】 前記抽出部は、前記配線情報に複数のネ

ットが含まれる場合に前記配線情報から前記複数のネットを抽出し、

前記ライン回路は、前記抽出部により抽出された複数のネットの一部分が互いに直交する場合に前記複数のネットの一部分をキャパシタとして変換し、前記複数のネットの残りの部分を複数のラインに変換する請求項2に記載の回路シミュレーションモデル抽出装置。

【請求項5】 前記抽出部は、前記配線情報に複数のネットが含まれる場合に前記配線情報から前記複数のネットを抽出し、

前記回路モデル変換部は、前記複数のネットの各ネット毎に前記配線情報を前記サブサーキットに変換する請求項2に記載の回路シミュレーションモデル抽出装置。

【請求項6】 前記回路モデル変換部は、前記配線情報に基づき各ネット毎に前記複数のネットの一部分を近接ネットとして検索する請求項3に記載の回路シミュレーションモデル抽出装置。

【請求項7】 前記回路モデル変換部は、前記配線情報に基づき各ネット毎に前記複数のネットの一部分を直交ネットとして検索する請求項4に記載の回路シミュレーションモデル抽出装置。

【請求項8】 前記回路モデル変換部は、さらに、前記配線情報に複数のネットが含まれる場合に前記複数のネットから前記回路シミュレーションを実行すべきネットを指定するネット指定部を備える請求項2に記載の回路シミュレーションモデル抽出装置。

【請求項9】 前記ネット指定部によりネットが指定された場合にその指定されたネットに近接する近接ネットを検索するネット検索部を備える請求項8に記載の回路シミュレーションモデル抽出装置。

【請求項10】 前記ネット指定部によりネットが指定された場合にその指定ネットに直交する直交ネットを検索するネット検索部を備える請求項8に記載の回路シミュレーションモデル抽出装置。

【請求項11】 前記回路モデル変換部は、さらに、前記配線情報に複数のレシーバが含まれる場合に前記複数のレシーバから前記回路シミュレーションを実行すべきレシーバを指定するレシーバ指定部を備える請求項2に記載の回路シミュレーションモデル抽出装置。

【請求項12】 前記レシーバ指定部によりレシーバが指定された場合にその指定レシーバに近接する近接ネットを検索するネット検索部を備える請求項11に記載の回路シミュレーションモデル抽出装置。

【請求項13】 前記レシーバ指定部によりレシーバが指定された場合にその指定レシーバに直交する直交ネットを検索するネット検索部を備える請求項11に記載の回路シミュレーションモデル抽出装置。

【請求項14】 前記回路モデル変換部は、さらに、前記配線情報に斜め配線が含まれ、かつ前記斜め配線と所定の線とのなす角度が所定の角度以下である場合に前記

斜め配線を直角座標上の横方向に平行な配線に変換し前記角度が所定の角度を越える場合に前記斜め配線を縦方向に平行な配線に変換する方向変換部を備えた請求項2に記載の回路シミュレーションモデル抽出装置。

【請求項15】 前記ライン回路は、前記配線情報に複数のネットが含まれ、かつ前記複数のネット相互間の距離が所定距離以下である場合に前記複数のネットを前記ラインサブサーキットに変換し前記複数のネット相互間の距離が所定距離を越える場合に前記複数のネットを前記ラインサブサーキットに変換しない請求項2に記載の回路シミュレーションモデル抽出装置。

【請求項16】 前記ライン回路は、前記配線情報に複数のネットが含まれ前記複数のネットの一部分が互いに近接しかつ所定長を越える場合に前記複数のネットの一部分をラインサブサーキットに変換し前記複数のネットの一部分が所定長以下である場合には前記複数のネットの一部分をラインサブサーキットに変換しない請求項2に記載の回路シミュレーションモデル抽出装置。

【請求項17】 前記回路モデル変換部は、前記プリント回路基板が多層構造のプリント回路基板である場合に自己の層の配線と他の層の配線との距離を算出し前記距離に応じて容量サブサーキットを作成する多層間距離算出部を備える請求項2に記載の回路シミュレーションモデル抽出装置。

【請求項18】 前記回路モデル変換部は、前記プリント回路基板が多層構造のプリント回路基板である場合に自己の層の配線とその隣の他の層の配線とを結ぶ中継ビアを容量サブサーキットに変換する中継ビア処理部を備える請求項2に記載の回路シミュレーションモデル抽出装置。

【請求項19】 前記回路モデル変換部は、前記電源回路、前記ドライバ回路、前記ライン回路、前記レシーバ回路の中の1つの回路がその1つの回路に接続される他の回路と同一である場合に前記1つの回路及び前記他の回路を別の1つの回路に圧縮する圧縮回路を備える請求項2に記載の回路シミュレーションモデル抽出装置。

【請求項20】 前記回路モデル変換部は、信号を入力するピンと前記ピンに接続される前記ネットと前記ネットに接続される前記レシーバとが前記配線情報に含まれる場合に前記電源サブサーキットとピンサブサーキットとの間に抵抗サブサーキットを割り当てる抵抗回路を備えた請求項2に記載の回路シミュレーションモデル抽出装置。

【請求項21】 論理回路を構成する複数の論理機能要素を表す論理情報とプリント回路基板上の前記複数の論理機能要素に対応する複数の部品の配線情報とを記憶する記憶ステップと、  
前記記憶ステップで記憶された論理情報及び配線情報から回路シミュレーションを実行すべき論理情報及び配線情報を抽出する抽出ステップと、

前記抽出ステップで抽出された論理情報及び配線情報を前記回路シミュレーションを実行するために適した回路モデルに変換する回路モデル変換ステップと、  
前記回路モデル変換ステップで変換された回路モデルにより前記回路シミュレーションを実行し前記抽出ステップで抽出された論理情報及び配線情報に対応する前記複数の部品間での電気的な特性を把握するシミュレーションステップと、を備えた回路シミュレーションモデル抽出方法。

10 【請求項22】 前記記憶ステップは、電源からの信号によって駆動されるドライバと信号を受信するレシーバとドライバ及びレシーバ相互間を結ぶ配線を表すネットとを前記配線情報として複数のプリント回路基板分だけ記憶し、

前記抽出ステップは、前記記憶ステップで記憶された複数のプリント回路基板分の配線情報から前記回路シミュレーションを実行すべきプリント回路基板の配線情報を抽出し、

前記回路モデル変換ステップは、前記電源に対応する電源サブサーキット、前記ドライバに対応するドライバサブサーキット、前記レシーバに対応するレシーバサブサーキット、前記ネットに対応するラインサブサーキットとのサブサーキットを回路シミュレーションデータとして格納するサブサーキット格納ステップと、  
電源回路により前記サブサーキット格納ステップにおいて記憶された前記電源サブサーキットを読み出す電源ステップと、

ドライバ回路により前記ドライバを前記サブサーキット格納ステップにおいて記憶された前記ドライバサブサーキットに変換するドライバステップと、

30 ライン回路により前記ネットを前記サブサーキット格納ステップにおいて記憶された前記ラインサブサーキットに変換するラインステップと、

レシーバ回路により前記レシーバを前記サブサーキット格納ステップにおいて記憶された前記レシーバサブサーキットに変換するレシーバステップとを備えた請求項21に記載の回路シミュレーションモデル抽出方法。

【請求項23】 前記抽出ステップは、前記配線情報に複数のネットが含まれる場合に前記配線情報から前記複数のネットを抽出し、

40 前記ラインステップは、前記抽出ステップで抽出された複数のネットの一部分が互いに近接する場合に前記複数のネットの一部分を1つのラインに変換し、前記複数のネットの残りの部分を複数のラインに変換する請求項22に記載の回路シミュレーションモデル抽出方法。

【請求項24】 前記抽出ステップは、前記配線情報に複数のネットが含まれる場合に前記配線情報から前記複数のネットを抽出し、

50 前記ラインステップは、前記抽出ステップで抽出された複数のネットの一部分が互いに直交する場合に前記複数の

のネットの一部分をキャパシタとして変換し、前記複数のネットの残りの部分を複数のラインに変換する請求項22に記載の回路シミュレーションモデル抽出方法。

【請求項25】 前記抽出ステップは、前記配線情報に複数のネットが含まれる場合に前記配線情報から前記複数のネットを抽出し、

前記回路モデル変換ステップは、前記複数のネットの各ネット毎に前記配線情報を前記サブサーキットに変換する請求項22に記載の回路シミュレーションモデル抽出方法。

【請求項26】 前記回路モデル変換ステップは、前記配線情報に基づき各ネット毎に前記複数のネットの一部分を近接ネットとして検索する請求項23に記載の回路シミュレーションモデル抽出方法。

【請求項27】 前記回路モデル変換ステップは、前記配線情報に基づき各ネット毎に前記複数のネットの一部分を直交ネットとして検索する請求項24に記載の回路シミュレーションモデル抽出方法。

【請求項28】 前記回路モデル変換ステップは、さらに、前記配線情報に複数のネットが含まれる場合に前記複数のネットから前記回路シミュレーションを実行すべきネットを指定するネット指定ステップを備える請求項22に記載の回路シミュレーションモデル抽出方法。

【請求項29】 前記ネット指定ステップでネットが指定された場合にその指定されたネットに近接する近接ネットを検索するネット検索ステップを備える請求項28に記載の回路シミュレーションモデル抽出方法。

【請求項30】 前記ネット指定ステップでネットが指定された場合にその指定ネットに直交する直交ネットを検索するネット検索ステップを備える請求項28に記載の回路シミュレーションモデル抽出方法。

【請求項31】 前記回路モデル変換ステップは、さらに、前記配線情報に複数のレシーバが含まれる場合に前記複数のレシーバから前記回路シミュレーションを実行すべきレシーバを指定するレシーバ指定ステップを備える請求項22に記載の回路シミュレーションモデル抽出方法。

【請求項32】 前記レシーバ指定ステップでレシーバが指定された場合にその指定レシーバに近接する近接ネットを検索するネット検索ステップを備える請求項31に記載の回路シミュレーションモデル抽出方法。

【請求項33】 前記レシーバ指定ステップによりレシーバが指定された場合にその指定レシーバに直交する直交ネットを検索するネット検索ステップを備える請求項31に記載の回路シミュレーションモデル抽出方法。

【請求項34】 前記回路モデル変換ステップは、さらに、前記配線情報に斜め配線が含まれ、かつ前記斜め配線と所定の線とのなす角度が所定の角度以下である場合に前記斜め配線を直交座標上の横方向に平行な配線に変換し前記角度が所定の角度を越える場合に前記斜め配線

を縦方向に平行な配線に変換する方向変換ステップを備えた請求項22に記載の回路シミュレーションモデル抽出方法。

【請求項35】 前記ラインステップは、前記配線情報に複数のネットが含まれ、かつ前記複数のネット相互間の距離が所定距離以下である場合に前記複数のネットを前記ラインサブサーキットに変換し前記複数のネット相互間の距離が所定距離を越える場合に前記複数のネットを前記ラインサブサーキットに変換しない請求項22に記載の回路シミュレーションモデル抽出方法。

【請求項36】 前記ラインステップは、前記配線情報に複数のネットが含まれ前記複数のネットの一部分が互いに近接しかつ所定長を越える場合に前記複数のネットの一部分をラインサブサーキットに変換し前記複数のネットの一部分が所定長以下である場合には前記複数のネットの一部分をラインサブサーキットに変換しない請求項22に記載の回路シミュレーションモデル抽出方法。

【請求項37】 前記回路モデル変換ステップは、前記プリント回路基板が多層構造のプリント回路基板である場合に自己の層の配線と他の層の配線との距離を算出し前記距離に応じて容量サブサーキットを作成する多層間距離算出ステップを備える請求項22に記載の回路シミュレーションモデル抽出方法。

【請求項38】 前記回路モデル変換ステップは、前記プリント回路基板が多層構造のプリント回路基板である場合に自己の層の配線とその隣りの他の層の配線とを結ぶ中継ビアを容量サブサーキットに変換する中継ビア処理ステップを備える請求項22に記載の回路シミュレーションモデル抽出方法。

【請求項39】 前記回路モデル変換ステップは、前記電源回路、前記ドライバ回路、前記ライン回路、前記レシーバ回路の中の1つの回路がその1つの回路に接続される他の回路と同一である場合に前記1つの回路及び前記他の回路を別の1つの回路に圧縮する圧縮ステップを備える請求項22に記載の回路シミュレーションモデル抽出方法。

【請求項40】 前記回路モデル変換ステップは、信号を入力するピンと前記ピンに接続される前記ネットと前記ネットに接続される前記レシーバとが配線情報に含まれる場合に前記電源サブサーキットとピンサブサーキットとの間に抵抗サブサーキットを割り当てる抵抗発生ステップを備えた請求項22に記載の回路シミュレーションモデル抽出方法。

【請求項41】 前記複数のプリント回路基板の各々の配線情報に対応する電気的パラメータを格納するルックアップテーブルを備え、

前記回路モデル変換部は、前記ルックアップテーブルから前記回路シミュレーションを実行すべきプリント回路基板の配線情報に対応する電気的パラメータを読み出し、前記電気的パラメータを前記配線情報に付加する請

求項 2 に記載の回路シミュレーションモデル抽出装置。

【請求項 4 2】 前記配線情報に 1 つの着目ネットと 1 以上の影響ネットとが含まれ、前記 1 つの着目ネットが 1 以上の影響ネットに近接、直交の少なくとも一方の状態にある場合に、前記回路モデル変換部は、前記 1 以上の影響ネットの各々の影響ネット毎に前記 1 つの着目ネットと前記各々の影響ネットとの間の個別回路モデルを作成し、

前記シミュレーション部は、各々の影響ネット毎に前記回路モデル変換部により作成された個別回路モデルにより前記回路シミュレーションを実行して個別クロストークノイズを測定し前記各々の影響ネット毎に測定された個別クロストークノイズを合計することにより前記 1 つの着目ネットが前記 1 以上の影響ネットから受けるクロストークノイズを算出する請求項 2 に記載の回路シミュレーションモデル抽出装置。

【請求項 4 3】 前記複数のプリント回路基板の各々の配線情報に対応する電気的パラメータを格納するルックアップテーブルを作成する作成ステップを備え、前記回路モデル変換ステップは、前記作成ステップで作成されたルックアップテーブルから前記回路シミュレーションを実行すべきプリント回路基板の配線情報に対応する電気的パラメータを読み出して、前記電気的パラメータを前記配線情報に付加する請求項 2 に記載の回路シミュレーションモデル抽出方法。

【請求項 4 4】 前記配線情報に 1 つの着目ネットと 1 以上の影響ネットとが含まれ、前記 1 つの着目ネットが 1 以上の影響ネットに近接、直交の少なくとも一方の状態にある場合に、前記回路モデル変換ステップは、前記 1 以上の影響ネットの各々の影響ネット毎に前記 1 つの着目ネットと前記各々の影響ネットとの間の個別回路モデルを作成し、

前記シミュレーションステップは、各々の影響ネット毎に前記回路モデル変換ステップにより作成された個別回路モデルにより前記回路シミュレーションを実行して個別クロストークノイズを測定し前記各々の影響ネット毎に測定された個別クロストークノイズを合計することにより前記 1 つの着目ネットが前記 1 以上の影響ネットから受けるクロストークノイズを算出する請求項 2 に記載の回路シミュレーションモデル抽出方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は回路シミュレーションモデル抽出方法及び装置に関し、特に、コンピュータ支援設計（以下、CAD と称する。）により設計されたプリント回路基板の回路シミュレーションモデル抽出方法及び装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、基板設計装置は CAD によりプリント回路基板を設計する場合に、論理回路の設計を行

い、論理回路に対応する各部品の実装設計を行っていた。例えば、まず、前記基板設計装置は、論理設計としてデータベースに記憶された論理機能要素を表す論理情報に基いて論理回路入力処理を行うことにより論理回路図面を作成する。

【0003】 次に、前記基板設計装置は、実装設計として、プリント回路基板の形状を決定し、データベースに記憶された部品の物理的な情報を用いて各部品の割り付け処理を行う。そして、前記基板設計装置は、部品の物理的な情報とプリント回路基板の形状情報とを用いて各部品の配置処理を行うことにより部品配置図を作成する。

【0004】 さらに、前記基板設計装置は、部品の物理的な情報とプリント回路基板の形状情報とを用いて配線パターン作成処理を行うことにより配線パターン図を作成する。次に、前記基板設計装置は、信号のディレイタイムやノイズを解析して、プリント回路基板が正常であるか否かを判定していた。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、近年、情報処理計算機（以下、計算機と称する。）の性能が向上し、大規模集積回路（LSI）の巨大化に伴ってプリント回路基板を搭載した計算機は高速処理を行うようになってきた。このため、プリント回路基板のレベルの配線により信号のタイミング誤差や小さなノイズなどが高速処理の障害となっていた。従って、配線状況から電気的な情報（転送波形の形状、AC ノイズデータ、遅延時間情報）を正確に把握する必要があった。

【0006】 前記電気的な情報を得るためには計算機を製造する前に回路シミュレーションが実行される。この場合、作成者はこの回路シミュレーションを行うために実際の配線状況を正確に表した回路モデルを作成していた。このため、回路モデルの作成にかなりの時間がかかった。さらに、回路モデルの作成にはミスなどが発生しやすいため、プリント回路基板の品質が低下する。

【0007】 さらに、配線の高密度化により情報量が増大したため、人手による回路モデルの作成には限界があった。本発明の目的は回路モデルの作成工数を低減し、かつ作成ミスを低減することのできる回路シミュレーションモデル抽出方法及び装置を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】 本発明は、前記課題を解決するため、以下の手段を採用した。

<本発明の要旨> 本発明の回路シミュレーションモデル抽出装置は図 1 に示したように、論理回路を構成する複数の論理機能要素を表す論理情報とプリント回路基板上の前記複数の論理機能要素に対応する複数の部品の配線情報とを記憶する記憶部と、前記記憶部に記憶された論理情報及び配線情報から回路シミュレーションを実行すべき論理情報及び配線情報を抽出する抽出部と、前記抽

出部により抽出された論理情報及び配線情報を前記回路シミュレーションを実行するために適した回路モデルに変換する回路モデル変換部と、前記回路モデル変換部により変換された回路モデルにより前記回路シミュレーションを実行し前記抽出部により抽出された論理情報及び配線情報に対応する前記複数の部品間での電気的な特性を把握するシミュレーション部とを備えた（請求項 1 に対応）。

【0009】要は配線情報に基づき自動的に回路モデルを作成し作成者の作成時間を削減したものである。前記記憶部は、例えば磁気ディスク、光磁気ディスクなどである。前記抽出部及び回路モデル変換部は、例えば中央処理装置がメモリに記憶されたプログラムを実行することで実現される機能、すなわち、ソフトウェアである。

【0010】本発明は以下の付加的構成要素を付加しても成立する。その付加的構成要素とは、前記記憶部は、電源からの信号によって駆動されるドライバと信号を受信するレシーバとドライバ及びレシーバ相互間を結ぶ配線を表すネットとを前記配線情報として複数のプリント回路基板分だけ記憶する。前記抽出部は、前記記憶部に記憶された複数のプリント回路基板分の配線情報から前記回路シミュレーションを実行すべきプリント回路基板の配線情報を抽出する。前記回路モデル変換部は、前記電源に対応する電源サブサーキット、前記ドライバに対応するドライバサブサーキット、前記レシーバに対応するレシーバサブサーキット、前記ネットに対応するラインサブサーキットとのサブサーキットを回路シミュレーションデータとして格納するサブサーキット格納部と、前記サブサーキット格納部から前記電源サブサーキットを読み出す電源回路と、前記電源サブサーキットに接続され前記ドライバを前記サブサーキット格納部に記憶された前記ドライバサブサーキットに変換するドライバ回路と、前記ドライバサブサーキットに接続され前記ネットを前記サブサーキット格納部に記憶された前記ラインサブサーキットに変換するライン回路と、前記ラインサブサーキットに接続され前記レシーバを前記サブサーキット格納部に記憶された前記レシーバサブサーキットに変換するレシーバ回路とを備える（請求項 2 に対応）。

【0011】また、前記抽出部は、前記配線情報に複数のネットが含まれる場合に前記配線情報から前記複数のネットを抽出する。前記ライン回路は、前記抽出部により抽出された複数のネットの一部分が互いに近接する場合に前記複数のネットの一部分を 1 つのラインに変換し、前記複数のネットの残りの部分を複数のラインに変換する（請求項 3 に対応）。

【0012】また、前記抽出部は、前記配線情報に複数のネットが含まれる場合に前記配線情報から前記複数のネットを抽出する。前記ライン回路は、前記抽出部により抽出された複数のネットの一部分が互いに直交する場合に前記複数のネットの一部分をキャパシタとして変換

し、前記複数のネットの残りの部分を複数のラインに変換する（請求項 4 に対応）。

【0013】また、前記抽出部は、前記配線情報に複数のネットが含まれる場合に前記配線情報から前記複数のネットを抽出し、前記回路モデル変換部は、前記複数のネットの各ネット毎に前記配線情報を前記サブサーキットに変換する（請求項 5 に対応）。

【0014】また、前記回路モデル変換部は、前記配線情報に基づき各ネット毎に前記複数のネットの一部分を近接ネットとして検索する（請求項 6 に対応）。また、前記回路モデル変換部は、前記配線情報に基づき各ネット毎に前記複数のネットの一部分を直交ネットとして検索する（請求項 7 に対応）。

【0015】また、前記回路モデル変換部は、さらに、前記配線情報に複数のネットが含まれる場合に前記複数のネットから前記回路シミュレーションを実行すべきネットを指定するネット指定部を備える（請求項 8 に対応）。

【0016】また、前記ネット指定部によりネットが指定された場合にその指定されたネットに近接する近接ネットを検索するネット検索部を備える（請求項 9 に対応）。また、前記ネット指定部によりネットが指定された場合にその指定ネットに直交する直交ネットを検索するネット検索部を備える（請求項 10 に対応）。

【0017】また、前記回路モデル変換部は、さらに、前記配線情報に複数のレシーバが含まれる場合に前記複数のレシーバから前記回路シミュレーションを実行すべきレシーバを指定するレシーバ指定部を備える（請求項 11 に対応）。

【0018】また、前記レシーバ指定部によりレシーバが指定された場合にその指定レシーバに近接する近接ネットを検索するネット検索部を備える（請求項 12 に対応）。

【0019】また、前記レシーバ指定部によりレシーバが指定された場合にその指定レシーバに直交する直交ネットを検索するネット検索部を備える（請求項 13 に対応）。

【0020】また、前記回路モデル変換部は、さらに、前記配線情報に斜め配線が含まれ、かつ前記斜め配線と所定の線とのなす角度が所定の角度以下である場合に前記斜め配線を直交座標上の横方向に平行な配線に変換し前記角度が所定の角度を越える場合に前記斜め配線を縦方向に平行な配線に変換する方向変換部を備えた（請求項 14 に対応）。

【0021】また、前記ライン回路は、前記配線情報に複数のネットが含まれ、かつ前記複数のネット相互間の距離が所定距離以下である場合に前記複数のネットを前記ラインサブサーキットに変換し前記複数のネット相互間の距離が所定距離を越える場合に前記複数のネットを前記ラインサブサーキットに変換しない（請求項 15 に

対応)。

【0022】また、前記ライン回路は、前記配線情報に複数のネットが含まれ前記複数のネットの一部分が互いに近接しかつ所定長を越える場合に前記複数のネットの一部分をラインサブサーキットに変換し前記複数のネットの一部分が所定長以下である場合には前記複数のネットの一部分をラインサブサーキットに変換しない(請求項16に対応)。

【0023】また、前記回路モデル変換部は、前記プリント回路基板が多層構造のプリント回路基板である場合に自己の層の配線と他の層の配線との距離を算出し前記距離に応じて容量サブサーキットを作成する多層間距離算出部を備える(請求項17に対応)。

【0024】また、前記回路モデル変換部は、前記プリント回路基板が多層構造のプリント回路基板である場合に自己の層の配線とその隣りの他の層の配線とを結ぶ中継ビアを容量サブサーキットに変換する中継ビア処理部を備える(請求項18に対応)。

【0025】また、前記回路モデル変換部は、前記電源回路、前記ドライバ回路、前記ライン回路、前記レシーバ回路の中の1つの回路がその1つの回路に接続される他の回路と同一である場合に前記1つの回路及び前記他の回路を別の1つの回路に圧縮する圧縮回路を備える(請求項19に対応)。

【0026】また、前記回路モデル変換部は、信号を入力するピンと前記ピンに接続される前記ネットと前記ネットに接続される前記レシーバとが前記配線情報に含まれる場合に前記電源サブサーキットとピンサブサーキットとの間に抵抗サブサーキットを割り当てる抵抗回路を備えた(請求項20に対応)。

【0027】また、前記複数のプリント回路基板の各々の配線情報に対応する電気的パラメータを格納するルックアップテーブルを備える。前記回路モデル変換部は、前記ルックアップテーブルから前記回路シミュレーションを実行すべきプリント回路基板の配線情報に対応する電気的パラメータを読み出して、前記電気的パラメータを前記配線情報に付加する(請求項41に対応)。

【0028】また、前記配線情報に1つの着目ネットと1以上の影響ネットとが含まれ、前記1つの着目ネットが1以上の影響ネットに近接、直交の少なくとも一方の状態にある場合に、前記回路モデル変換部は、前記1以上の影響ネットの各々の影響ネット毎に前記1つの着目ネットと前記各々の影響ネットとの間の個別回路モデルを作成する。

【0029】前記シミュレーション部は、各々の影響ネット毎に前記回路モデル変換部により作成された個別回路モデルにより前記回路シミュレーションを実行して個別クロストークノイズを測定し前記各々の影響ネット毎に測定された個別クロストークノイズを合計することにより前記1つの着目ネットが前記1以上の影響ネットか

ら受けるクロストークノイズを算出する(請求項42に対応)。

【0030】<本発明の方法>次に、本発明の回路シミュレーションモデル抽出方法は図2に示したように、論理回路を構成する複数の論理機能要素を表す論理情報とプリント回路基板上の前記複数の論理機能要素に対応する複数の部品の配線情報とを記憶する記憶ステップと、前記記憶ステップで記憶された論理情報及び配線情報から回路シミュレーションを実行すべき論理情報及び配線情報を抽出する抽出ステップと、前記抽出部で抽出された論理情報及び配線情報を前記回路シミュレーションを実行するために適した回路モデルに変換する回路モデル変換ステップと、前記回路モデル変換ステップで変換された回路モデルにより前記回路シミュレーションを実行し前記抽出部で抽出された論理情報及び配線情報に対応する前記複数の部品間での電気的な特性を把握するシミュレーションステップと、を備えた(請求項21に対応)。

【0031】本発明は以下の付加的工程を含んでも成立する。その付加的工程とは、前記記憶ステップは、電源からの信号によって駆動されるドライバと信号を受信するレシーバとドライバ及びレシーバ相互間を結ぶ配線を表すネットとを前記配線情報として複数のプリント回路基板分だけ記憶し、前記抽出ステップは、前記記憶ステップで記憶された複数のプリント回路基板分の配線情報から前記回路シミュレーションを実行すべきプリント回路基板の配線情報を抽出する。

【0032】前記回路モデル変換ステップは、前記電源に対応する電源サブサーキット、前記ドライバに対応するドライバサブサーキット、前記レシーバに対応するレシーバサブサーキット、前記ネットに対応するラインサブサーキットとのサブサーキットを回路シミュレーションデータとして格納するサブサーキット格納ステップと、電源回路により前記サブサーキット格納ステップにおいて記憶された前記電源サブサーキットを読み出す電源ステップと、ドライバ回路により前記ドライバを前記サブサーキット格納ステップにおいて記憶された前記ドライバサブサーキットに変換するドライバステップと、ライン回路により前記ネットを前記サブサーキット格納ステップにおいて記憶された前記ラインサブサーキットに変換するラインステップと、レシーバ回路により前記レシーバを前記サブサーキット格納ステップにおいて記憶された前記レシーバサブサーキットに変換するレシーバステップとを備えた(請求項22に対応)。

【0033】また、前記抽出ステップは、前記配線情報に複数のネットが含まれる場合に前記配線情報から前記複数のネットを抽出し、前記ラインステップは、前記抽出ステップで抽出された複数のネットの一部分が互いに近接する場合に前記複数のネットの一部分を1つのラインに変換し、前記複数のネットの残りの部分を複数のラ

インに変換する（請求項 2 3 に対応）。

【0034】また、前記抽出ステップは、前記配線情報に複数のネットが含まれる場合に前記配線情報から前記複数のネットを抽出し、前記ラインステップは、前記抽出ステップで抽出された複数のネットの一部分が互いに直交する場合に前記複数のネットの一部分をキャパシタとして変換し、前記複数のネットの残りの部分を複数のラインに変換する（請求項 2 4 に対応）。

【0035】また、前記抽出ステップは、前記配線情報に複数のネットが含まれる場合に前記配線情報から前記複数のネットを抽出し、前記回路モデル変換ステップは、前記複数のネットの各ネット毎に前記配線情報を前記サブサーキットに変換する（請求項 2 5 に対応）。

【0036】また、前記回路モデル変換ステップは、前記配線情報に基づき各ネット毎に前記複数のネットの一部分を近接ネットとして検索する（請求項 2 6 に対応）。また、前記回路モデル変換ステップは、前記配線情報に基づき各ネット毎に前記複数のネットの一部分を直交ネットとして検索する（請求項 2 7 に対応）。

【0037】また、前記回路モデル変換ステップは、さらに、前記配線情報に複数のネットが含まれる場合に前記複数のネットから前記回路シミュレーションを実行すべきネットを指定するネット指定ステップを備える（請求項 2 8 に対応）。

【0038】また、前記ネット指定ステップでネットが指定された場合にその指定されたネットに近接する近接ネットを検索するネット検索ステップを備える（請求項 2 9 に対応）。

【0039】また、前記ネット指定ステップでネットが指定された場合に、その指定ネットに直交する直交ネットを検索するネット検索ステップを備える（請求項 3 0 に対応）。

【0040】また、前記回路モデル変換ステップは、さらに、前記配線情報に複数のレシーバが含まれる場合に前記複数のレシーバから前記回路シミュレーションを実行すべきレシーバを指定するレシーバ指定ステップを備える（請求項 3 1 に対応）。

【0041】また、前記レシーバ指定ステップでレシーバが指定された場合にその指定レシーバに近接する近接ネットを検索するネット検索ステップを備える（請求項 3 2 に対応）。

【0042】また、前記レシーバ指定ステップによりレシーバが指定された場合にその指定レシーバに直交する直交ネットを検索するネット検索ステップを備える（請求項 3 3 に対応）。

【0043】また、前記回路モデル変換ステップは、さらに、前記配線情報に斜め配線が含まれ、かつ前記斜め配線と所定の線とのなす角度が所定の角度以下である場合に前記斜め配線を直交座標上の横方向に平行な配線に変換し前記角度が所定の角度を越える場合に前記斜め配

線を縦方向に平行な配線に変換する方向変換ステップを備えた（請求項 3 4 に対応）。

【0044】また、前記ラインステップは、前記配線情報に複数のネットが含まれ、かつ前記複数のネット相互間の距離が所定距離以下である場合に前記複数のネットを前記ラインサブサーキットに変換し前記複数のネット相互間の距離が所定距離を越える場合に前記複数のネットを前記ラインサブサーキットに変換しない（請求項 3 5 に対応）。

【0045】また、前記ラインステップは、前記配線情報に複数のネットが含まれ前記複数のネットの一部分が互いに近接しかつ所定長を越える場合に前記複数のネットの一部分をラインサブサーキットに変換し前記複数のネットの一部分が所定長以下である場合には前記複数のネットの一部分をラインサブサーキットに変換しない（請求項 3 6 に対応）。

【0046】また、前記回路モデル変換ステップは、前記プリント回路基板が多層構造のプリント回路基板である場合に自己の層の配線と他の層の配線との距離を算出し前記距離に応じて容量サブサーキットを作成する多層間距離算出ステップを備える（請求項 3 7 に対応）。

【0047】また、前記回路モデル変換ステップは、前記プリント回路基板が多層構造のプリント回路基板である場合に自己の層の配線とその隣りの他の層の配線とを結ぶ中継ビアを容量サブサーキットに変換する中継ビア処理ステップを備える（請求項 3 8 に対応）。

【0048】また、前記回路モデル変換ステップは、前記電源回路、前記ドライバ回路、前記ライン回路、前記レシーバ回路の中の 1 つの回路がその 1 つの回路に接続される他の回路と同一である場合に前記 1 つの回路及び前記他の回路を別の 1 つの回路に圧縮する圧縮ステップを備える（請求項 3 9 に対応）。

【0049】また、前記回路モデル変換ステップは、信号を入力するピンと前記ピンに接続される前記ネットと前記ネットに接続される前記レシーバとが配線情報に含まれる場合に前記電源サブサーキットとピンサブサーキットとの間に抵抗サブサーキットを割り当てる抵抗発生ステップを備えた（請求項 4 0 に対応）。

【0050】また、前記複数のプリント回路基板の各々の配線情報に対応する電気的パラメータを格納するルックアップテーブルを作成する作成ステップを備える。前記回路モデル変換ステップは、前記作成ステップで作成されたルックアップテーブルから前記回路シミュレーションを実行すべきプリント回路基板の配線情報に対応する電気的パラメータを読み出して、前記電気的パラメータを前記配線情報に付加する（請求項 4 3 に対応）。

【0051】また、前記配線情報に 1 つの着目ネットと 1 以上の影響ネットとが含まれ、前記 1 つの着目ネットが 1 以上の影響ネットに近接、直交の少なくとも一方の状態にある場合に、前記回路モデル変換ステップは、前

記1以上の影響ネットの各々の影響ネット毎に前記1つの着目ネットと前記各々の影響ネットとの間の個別回路モデルを作成する。

【0052】前記シミュレーションステップは、各々の影響ネット毎に前記回路モデル変換ステップにより作成された個別回路モデルにより前記回路シミュレーションを実行して個別クロストークノイズを測定し前記各々の影響ネット毎に測定された個別クロストークノイズを合計することにより前記1つの着目ネットが前記1以上の影響ネットから受けるクロストークノイズを算出する（請求項44に対応）。本発明によれば、まず、抽出ステップは、記憶された論理情報と配線情報の中から回路シミュレーションを実行すべき論理情報とこの論理情報に対応する前記配線情報とを抽出する。

【0053】そして、回路モデル変換ステップは、抽出された論理情報と配線情報とを回路シミュレーションを実行するために適した回路モデルに変換し、さらに、シミュレーションステップは、変換された回路モデルにより回路シミュレーションを実行し抽出された論理情報及び配線情報に対応する複数の部品間での電気的な特性を把握する。

【0054】すなわち、回路モデルが自動的に作成されるので、作成工数を低減でき、かつ作成ミスを低減することができる。また、配線情報が回路モデルに変換される際に、電源回路により電源サブサーキットが作成され、ドライバ回路によりドライバがドライバサブサーキットに変換され、ライン回路によりネットがラインサブサーキットに変換され、レシーバ回路によりレシーバがレシーバサブサーキットに変換される。従って、電源からの信号によって回路シミュレーションを実行することでドライバとレシーバ間の電気的な特性が測定できる。

【0055】また、ラインステップは、抽出された複数のネットの一部分が互いに近接する場合にはその複数のネットの一部分を1つのラインに変換する。また、ラインステップは、抽出された複数のネットの一部分が互いに直交する場合に複数のネットの一部分をキャパシタに変換する。すなわち、実際の配線に合った回路モデルが作成されることから、正確な電気的な特性が測定できる。

【0056】さらに、前記配線情報に基づき各ネット毎に配線情報がサブサーキットに変換でき、配線情報に基づき各ネット毎に近接ネットを検索できる。回路モデル変換により、前記配線情報に基づき各ネット毎に直交ネットが検索でき、さらに、複数のネットから回路シミュレーションを実行すべきネットが指定できる。

【0057】さらに、前記ネットが指定された場合にその指定されたネットに近接する近接ネットが検索でき、前記ネットが指定された場合にその指定されたネットに直交する直交ネットが検索できる。

【0058】また、複数のレシーバから回路シミュレーションを実行すべきレシーバが指定でき、その指定レシーバに近接する近接ネットが検索できる。さらに、その指定レシーバに直交する直交ネットを検索することもできる。

【0059】さらに、斜め配線は所定の角度を基準として横方向の配線または縦方向の配線に変換されるので、配線が回路モデル化できる。また、ネット相互間の距離が所定距離を越える場合には回路モデル変換を実行し、近接部分が所定長以下である場合には前記回路モデル変換を行わないので、実際の配線を考慮した電気的特性が得られる。

【0060】さらに、多層間の距離が算出されその距離に応じて容量サブサーキットが作成され、中継ビアは容量サブサーキットに変換されるので、実際の配線を考慮した電気的特性が得られる。

【0061】直前の回路が現回路と同一である場合にはこれら2つの回路は圧縮されるので、回路モデルを簡単化できる。入力するピンがネットを通してレシーバに接続される場合には、抵抗回路は、電源サブサーキットとピンサブサーキットとの間に抵抗サブサーキットを割り当てるので、信号による発振が防止できる。

【0062】また、作成されたルックアップテーブルから前記回路シミュレーションを実行すべきプリント回路基板の配線情報に対応する電気的パラメータが読み出され、前記電気的パラメータが前記配線情報に付加されるので、正確な回路シミュレーションが行える。

【0063】また、前記1以上の影響ネットの各々の影響ネット毎に前記1つの着目ネットと前記各々の影響ネットとの間の個別回路モデルが作成される。そして、各々の影響ネット毎に前記回路モデル変換ステップにより作成された個別回路モデルにより前記回路シミュレーションが実行されて、個別クロストークノイズが測定される。さらに、前記各々の影響ネット毎に測定された個別クロストークノイズが合計されることにより前記1つの着目ネットが前記1以上の影響ネットから受けるクロストークノイズが算出されるので、正確なノイズが測定できる。

【0064】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。

<実施の形態1>図3は本発明の回路シミュレーションモデル抽出装置の実施の形態1に従った構成ブロック図である。回路シミュレーションモデル抽出装置は、論理情報データベース11、配線パターン情報データベース12、これら2つのデータベース11、12に接続される抽出部13、抽出部13に接続される配線データベース14、配線データベース14に接続される回路モデル変換部15を備える。

【0065】さらに、回路シミュレーションモデル抽出

装置は、前記回路モデル変換部 15 に接続される回路モデルデータベース 16、回路モデルデータベース 16 に接続される回路シミュレーション部 17、回路シミュレーション部 17 に接続される回路シミュレーションファイル 18 とを備える。

【0066】前記抽出部 13 及び前記回路モデル変換部 15 及びシミュレーション部 17 は、ソフトウェアであり、中央処理装置（図示せず）がメモリ（図示せず）に格納された処理プログラムを実行することによって実現される機能である。

【0067】前記論理情報データベース 11 は磁気ディスクなどであり、設計者が作成した論理情報を格納する。前記論理情報とは論理回路の複数の論理機能要素を表す論理機能情報（論理機能名）、各論理機能要素間を接続すべき論理接続情報を表すネット名などの情報である。

【0068】前記配線パターン情報データベース 12 は磁気ディスクなどであり、プリント回路基板に実装されるべき各部品の配置や形状や寸法などの実装の物理的な情報、配線ピッチ、配線経路、部品のピン位置、配線間の平行度、近接情報、直交情報などの配線情報を格納する。

【0069】前記抽出部 13 は論理情報データベース 11 に記憶された論理情報から回路シミュレーションを実行すべき論理機能要素を含む論理情報を抽出し、配線パターン情報データベース 12 に記憶された配線情報から前記論理情報に対応する配線や実装の物理的な情報や配線間の平行、直交情報を抽出する。

【0070】前記抽出される論理情報はあるプリント回路基板内のある回路シミュレーションを実行すべきドライバとレシーバである。前記配線データベース 14 は磁気ディスクなどであり、前記抽出部 13 により抽出された論理情報及び配線情報を格納する。

【0071】前記回路モデル変換部 15 は前記配線データベース 14 に格納された配線情報を前記回路シミュレーション部 17 が回路シミュレーションを実行するために適した回路モデルに変換する。ここで、回路モデルとは回路シミュレーションを実行するために適したサブサキットを接続したものである。

【0072】前記回路モデルデータベース 16 は磁気ディスクなどであり、前記回路モデル変換部 15 により変換された回路モデルを格納する。前記回路シミュレーション部 17 は前記回路モデルデータベース 16 に格納された前記回路モデルに基づき回路シミュレーションを実行し、前記抽出された論理情報に対応する部品間の電気的な特性を把握する。電気的な特性、例えば、遅延時間、ノイズなどである。

【0073】前記回路シミュレーションファイル 18 は磁気ディスクなどであり、前記回路シミュレーション部 17 により実行された回路シミュレーションの結果を格

納する。

【0074】次に、このように構成された実施の形態 1 の回路シミュレーションモデル抽出装置によって実現される回路シミュレーションモデル抽出方法を図 4 を参照して説明する。まず、抽出部 13 は論理情報データベース 11 から回路シミュレーションを実行すべきドライバとこれに対応するレシーバとの論理情報を抽出する。抽出部 13 は配線パターン情報データベース 12 から抽出された論理情報に対応する配線情報を抽出する（ステップ 101）。

【0075】配線データベース 14 は、抽出部 13 により抽出された論理情報及び配線情報を格納する（ステップ 102）。回路モデル変換部 15 は配線データベース 14 に格納された配線情報を回路シミュレーションを実行するために適した回路モデルに変換する（ステップ 103）。

【0076】回路モデルデータベース 16 は回路モデル変換部 15 により変換された回路モデルを格納する（ステップ 104）。回路シミュレーション部 17 は回路モデルデータベース 16 に格納された前記回路モデルに基づき回路シミュレーションを実行し、抽出された論理情報に対応する部品間の電気的な特性を把握する（ステップ 105）。電気的な特性は、例えば、遅延時間、ノイズなどである。

【0077】さらに、回路シミュレーションファイル 18 は回路シミュレーション部 17 により実行された回路シミュレーションの結果を格納する（ステップ 106）。このように、回路シミュレーションモデル抽出装置は、論理情報及び配線情報に基づき自動的に回路モデルを作成するので、回路モデルの作成工数が大幅に低減し、かつ作成ミスを低減することができる。また、前記装置は、正確な回路モデルにより回路シミュレーションを行うので、対象の部品間の例えば、遅延時間、ノイズを正確に測定できる。

【0078】次に、前記回路モデル変換部及び配線データベースの構成及び動作をさらに詳細に説明する。図 5 に回路モデル変換部 15 及び配線データベース 14 の構成ブロック図を示す。図 5 において、回路モデル変換部 15 には配線データベース 14 が接続される。配線データベース 14 はプリント回路基板 31a、プリント回路基板 31b、プリント回路基板 31c の各々の配線情報を格納する。図 6 に単純な配線情報のプリント回路基板 31a を示す。図 8 に近接したネットをもつ配線情報のプリント回路基板 31b を示す。図 10 に直交したネットをもつ配線情報のプリント回路基板 31c を示す。

【0079】前記回路モデル変換部 15 は各プリント回路基板 31a ~ 31c の配線情報を回路モデルに変換する。図 6 に示すプリント回路基板 31a は図示しない電源からの信号によって駆動されるドライバ 34a を有する第 1 の LSI 32a と、信号を受信するレシーバ 36

aを有する第2のLSI33aとを設ける。前記レシーバ36aはネット35aを通してドライバ34aに接続されている。

【0080】図8に示すプリント回路基板31bはドライバ34a、34bを有する第1のLSI32bと、信号を受信するレシーバ36a、36bを有する第2のLSI33bとを設ける。前記レシーバ36aは配線を表すネット35aを通してドライバ34aに接続されている。前記レシーバ36bはネット35bを通してドライバ34bに接続されている。なお、ネット35aとネット35bとは所定のネット長L1だけ近接して配置されている。

【0081】図10に示すプリント回路基板31cはドライバ34a、34bを有する第1のLSI32bと、信号を受信するレシーバ36a、36bを有する第2のLSI33bとを設ける。前記レシーバ36aはネット35dを通してドライバ34bに接続され、これらは1層目のプリント回路基板情報である。前記レシーバ36bはネット35cを通してドライバ34aに接続され、これらは2層目のプリント回路基板情報である。また、1層目のネット35dと2層目のネット35cとはクロスエリアCAにおいて互いに直交している。このため、クロスエリアCAにおいて、1層目のプリント回路基板と2層目のプリント回路基板との間で浮遊容量をもつ。

【0082】前記回路モデル変換部15は、図6に示すプリント回路基板31aの配線を図7に示す回路モデルに変換する。前記回路モデル変換部15は、図8に示すプリント回路基板31bの配線を図9に示す回路モデルに変換する。前記回路モデル変換部15は、図10に示すプリント回路基板31cの配線を図11に示す回路モデルに変換する。

【0083】回路モデル変換部15は図5に示すようにドライバ34a、34bを駆動するための電源回路21、前記電源回路21によって駆動されるドライバ回路24、ドライバ回路24に接続されかつ前記LSI相互間を接続するネット35a、35bを表すライン回路25、ライン回路25に接続されるレシーバ回路26、前記各部が用いるための複数種類のサブサーキットを回路シミュレーションデータとして格納するサブサーキット格納部27とからなる。

【0084】前記サブサーキット格納部27はプリント回路基板31a～31cの配線情報に対応する複数種類のサブサーキットを格納している。前記電源回路21、ドライバ回路24、ライン回路25、レシーバ回路26とはサブサーキット格納部27に接続される。電源回路21はLSI相互間の電気特性を測定するために信号を出力するものである。

【0085】次に、このように構成された配線データベース14及び回路モデル変換部の動作を図12を参照して説明する。まず、回路モデル変換部15は配線データ

ベース14からプリント回路基板31a～31cの中の1つの基板の配線情報を読み出す(ステップ111)。電源回路21はサブサーキット格納部27に格納された電源サブサーキット41aを読み出す(ステップ112)。

【0086】次に、回路モデル変換部15はドライバが1つか2つかを判定する(ステップ113)。ここで、ドライバが1つである場合には、図6に示すプリント回路基板31aの配線情報が図7に示す回路モデルに変換される。

【0087】前記ドライバ回路24は前記プリント回路基板31aからのドライバ34aに対応するドライバサブサーキット44aをサブサーキット格納部27から読み出して、そのドライバサブサーキット44aを前記電源サブサーキット41aに接続する(ステップ114)。

【0088】前記ライン回路25は前記プリント回路基板31aからのネット35aに対応するラインサブサーキット45aをサブサーキット格納部27から読み出し、そのラインサブサーキット45aを前記ドライバサブサーキット44aに接続する(ステップ115)。

【0089】前記レシーバ回路26は前記プリント回路基板31aからのレシーバ36aに対応するレシーバサブサーキット46aをサブサーキット格納部27から読み出して、そのレシーバサブサーキット46aをラインサブサーキット45aに接続する(ステップ116)。

【0090】これにより、図7に示すような回路モデルが作成できる。従って、回路モデルを用いて電源回路21から信号を供給することでドライバ34aとレシーバ36aとの間の電気的特性を測定できる。

【0091】一方、ステップ113において、ドライバが2つと判定された場合には、前記ドライバ回路24は前記プリント回路基板31bからのドライバ34a、34bに対応するドライバサブサーキット44a、44bをサブサーキット格納部27から読み出して、ドライバサブサーキット44aを電源サブサーキット41aに接続する(ステップ117)。図9及び図11に示す例ではドライバサブサーキット44a、44bが作成される。

【0092】前記ライン回路25は2つのネットが互いに近接しているか直交しているかを判定する(ステップ118)。2つのネットが互いに近接している場合には、図8に示すプリント回路基板31bの配線情報が図9に示す回路モデルに変換される。

【0093】この場合、前記ライン回路25は前記プリント回路基板31aからのネット35aに対応してラインサブサーキット45a及び45cと、ネット35bに対応してラインサブサーキット45b及び45dと、ネット35a、35bの近接部分に対応して1ラインサブサーキット47aをサブサーキット格納部27から読み

出す。

【0094】前記ライン回路25はラインサブサーキット45aをドライバサブサーキット44a及び1ラインサブサーキット47aに接続し、ラインサブサーキット45bをドライバサブサーキット44b及び1ラインサブサーキット47aに接続する。

【0095】前記ライン回路25はラインサブサーキット45c、45dを1ラインサブサーキット47aに接続する(ステップ119)。前記レシーバ回路26は前記プリント回路基板31aからのレシーバ36a、36bに対応するレシーバサブサーキット46a、46bをサブサーキット格納部27から読み出して、レシーバサブサーキット46aをラインサブサーキット45cに接続し、レシーバサブサーキット46bをラインサブサーキット45dに接続する(ステップ120)。

【0096】これにより、図9に示すような近接したネットをもつ回路モデルが作成できる。従って、回路モデルを用いて電源回路21から信号を供給することでネット同士が互いに近接されている場合にも2つのドライバ34a、34bとレシーバ36a、36bとの間の電気的特性を測定できる。

【0097】一方、ステップ118で、2つのネット同士が直交している場合には、前記ライン回路25は前記プリント回路基板31aからのネット35cに対応してラインサブサーキット45a及び45cと、ネット35dに対応してラインサブサーキット45b及び45dと、ネット35a、35bのクロスエリアCAに対応して容量サブサーキット48をサブサーキット格納部27から読み出す。

【0098】前記ライン回路25はラインサブサーキット45aをドライバサブサーキット44a及びラインサブサーキット45c及び容量サブサーキット48に接続する。前記ライン回路25はラインサブサーキット45bをドライバサブサーキット44b及びラインサブサーキット45d及び容量サブサーキット48に接続する(ステップ121)。

【0099】さらに、前記レシーバ回路26は前記ステップ120の処理を行う。これにより、図11に示すような近接したネットをもつ回路モデルが作成できる。従って、回路モデルを用いて電源回路21から信号を供給することでネット同士が互いに直交されている場合にも2つのドライバ34a、34bとレシーバ36a、36bとの間の電気的特性を測定できる。

<実施の形態2>実施の形態2は配線が任意の角度をもつ斜め配線に対する配線処理と多層構造のプリント回路基板に対する回路モデル化を行うものである。図13にその構成を示す。図13に示すように回路モデル変換部15aは方向変換部28、多層間距離算出部29、方向変換部28及び多層間距離算出部29に接続されるサブサーキット格納部27a、電源回路21、ドライバ回路

24、ライン回路25、レシーバ回路26を備える。

【0100】前記方向変換部28は任意の角度をもつ斜め配線が所定の角度以下である場合に斜め配線を直交座標上のX軸(横方向)に平行な配線に変換し、斜め配線が所定の角度を越える場合に斜め配線をY軸(縦方向)に平行な配線に変換する。

【0101】前記多層間距離算出部29は多層構造のプリント回路基板において自己の層の配線と他の層の配線との距離を算出して、その距離に応じて容量サブサーキットなどを作成する。サブサーキット格納部27aはその容量サブサーキットを格納する。

【0102】次に、このように構成された実施の形態2の動作を図面を参照して説明する。図14は実施の形態2の回路モデル変換部の動作を示すフローチャートである。まず、方向変換部28は斜め配線があるかどうかを判定する(ステップ201)。斜め配線がない場合にはステップ207に処理が進む。

【0103】斜め配線がある場合には、方向変換部28は斜め配線とX軸とのなす角度が45度以下であるかどうかを判定する(ステップ202)。ここで、前記方向変換部28は図15に示すように任意の斜め配線L2とX軸とのなす角度が45度以下である場合には、その配線長 $\Delta l$ を変えないでX軸に平行な配線L2'に変換する(ステップ203)。

【0104】この場合に、Y座標値は $(y_2 - y_1) / 2$ である。 $y_1$ は配線L2の一端にある点a1の値であり、 $y_2$ は配線L2の另一端にある点b1の値である。そして、そのY座標値をサブサーキット格納部27aは格納する(ステップ204)。

【0105】一方、前記方向変換部28は図16に示すように任意の斜め配線L3とX軸とのなす角度が45度を越える場合には、その配線長 $\Delta l$ を変えないでY軸に平行な配線L3'に変換する(ステップ205)。

【0106】この場合に、X座標値は $(x_2 - x_1) / 2$ である。 $x_1$ は配線L3の一端にある点a2の値であり、 $x_2$ は配線L3の另一端にある点b2の値である。前記サブサーキット格納部27aは前記方向変換部28によって変換されたX座標値を前記ライン回路25で用いるラインサブサーキットとして格納する(ステップ206)。

【0107】このように配線が斜め方向に行われた場合であっても、斜め配線情報を直交配線情報に変換するので、回路シミュレーションのための回路モデルを作成することができる。

【0108】次に、多層間距離算出部29はプリント回路基板が多層構造になっているかどうかを判定する(ステップ207)。プリント回路基板が多層構造になっていない場合には、処理は終了する。

【0109】一方、プリント回路基板が多層構造になっている場合には、多層間距離算出部29は多層間の配線

が相互に平行かあるいは直交しているかを判定する（ステップ208）。

【0110】ここで、例えば図17に示すように3層M1～M3間の配線L21～L23が相互に平行である場合には、多層間距離算出部29は、横方向の配線間の距離、すなわち、配線L21から配線L22までの距離11と、配線L21から配線L23までの距離12とを算出する（ステップ209）。

【0111】そして、多層間距離算出部29は、その距離に応じて層間での容量サブサーキットを作成して容量サブサーキットをサブサーキット格納部27aに格納する（ステップ210）。

【0112】一方、例えば図18に示すように3層M1～M3間の配線L31～L33が相互に直交する場合には、多層間距離算出部29は、縦方向の配線間の距離、すなわち、配線L32から配線L31までの距離13と、配線L32から配線L33までの距離14とを算出する（ステップ211）。

【0113】そして、多層間距離算出部29は、その距離に応じて層間での容量サブサーキットを作成して容量サブサーキットをサブサーキット格納部27aに格納する（ステップ210）。

【0114】このように、多層構造をもつプリント回路基板においても、層間での配線の影響を考慮して回路モデルが作成できるので、正確な電気的特性を測定できる。

＜実施の形態3＞実施の形態3の回路モデル変換部を説明する。図19に実施の形態3の回路モデル変換部と配線データベースを示す。配線データベース14cは図20に示す3つのネットをもつプリント回路基板31d、図21に示す2つのネットをもつプリント回路基板31eの配線情報を格納する。

【0115】回路モデル変換部15cは基本的には実施の形態1で説明した構成と同一であるが、ライン回路25c、サブサーキット格納部27cの構成が異なる。プリント回路基板31dは、図20に示すように着目ネットN1に対して、平行であってかつ距離が $\alpha$ であるネットN2と、距離が $\beta$ であるネットN3とをもつ。ライン回路25cは前記距離が第1の所定値以下であるネットは近接ネットとは見なし、1ラインとして回路モデル化を実行する。ライン回路25cは前記近接距離が第1の所定値を越えるネットは近接ネットとは見なさず、回路モデル化を実行しない。

【0116】また、プリント回路基板31eは、図21に示すように着目ネットN1に対して、平行で近接した部分1と着目ネットN1に対して直交する部分をもつ近接ネットN2がある。

【0117】ライン回路25cは前記近接距離1が第2の所定値を越えるネットは近接ネットと見なし、1ラインとして回路モデル化を実行する。ライン回路25cは

前記距離1が第2の所定値以下であるネットは近接ネットとは見なさず、回路モデル化を実行しない。

【0118】このように処理することで配線パターンに応じた正確な回路モデルが作成することができる。

＜実施の形態4＞次に、図22に実施の形態4の回路モデル変換部を示す。回路モデル変換部15dは、電源回路21、ドライバ回路24、ライン回路25、レシーバ回路26、サブサーキット格納部27、サブサーキット格納部27に接続される中継ビア処理部51とを備える。なお、電源回路21、ドライバ回路24、ライン回路25、レシーバ回路26、サブサーキット格納部27は既に説明したので、ここではその説明は省略する。

【0119】前記中継ビア処理部51は多層構造のプリント回路基板において自己の層の配線とその隣りの他の層の配線とを結ぶ中継ビア（スルーホール）を容量サブサーキットに変換する。

【0120】配線データベース14dは図23に示すような3層M1～M3からなる多層構造のプリント回路基板31fの配線情報を格納している。この場合、中継ビアを通して層間でネットが構成される場合もある。例えば、図23に示すようにあるネットL51はM1層のネットaと中継ビアB1、B2からなるネットbとM3層のネットcとからなる。

【0121】このような場合には、中継ビア処理部51は中継ビアB1を容量サブサーキットC1に変換し、中継ビアB2を容量サブサーキットC2に変換するので、図24に示すような回路モデルを作成することができる。

【0122】また、ライン回路25はネットaをライン01にネットbをライン02にネットcをライン03に変換する。多層構造のプリント回路基板に合った回路モデルを作成するので、正確な電気特性を得ることができる。

＜実施の形態5＞次に、図25に実施の形態5の回路モデル変換部を示す。回路モデル変換部15eは電源回路21、ドライバ回路24、ライン回路25、レシーバ回路26、サブサーキット格納部27を備える。さらに、回路モデル変換部15eはライン回路25に接続されるネット指定部52、ライン回路25に接続されるネット検索部53、レシーバ回路26に接続されるレシーバ指定部54を備える。

【0123】ネット指定部52は配線情報として複数のネットがある場合に複数ネットから回路シミュレーションを実行すべきネットを指定する。ネット検索部53は前記ネット指定部52によりネットが指定された場合にその指定されたネットに近接または直交する近接ネット／直交ネットを検索する。

【0124】レシーバ指定部54は配線情報として複数のレシーバがある場合に複数のレシーバから回路シミュレーションを実行すべきレシーバを指定する。また、前

記ネット検索部53は前記レシーバ指定部54によりレシーバが指定された場合にその指定されたレシーバに近接または直交する近接ネット／直交ネットを検索する。

【0125】配線データベース14eは図26～図29に示すプリント回路基板31g～31jの配線情報を格納している。まず、図26に示すプリント回路基板31gは、ノイズ測定ではなくて単純にドライバ32からレシーバ33までの電氣的な遅延時間測定を行う場合に使用される。

【0126】前記ネット指定部52は図26に示すネットN1～N3の内、ユーザが遅延時間を知りたいネットを指定し、ライン回路25は指定されるネットのみを回路モデル化して回路シミュレーションを行う。

【0127】これによって、短時間でユーザが知りたい情報を早く提供することができる。次に、図27に示すプリント回路基板31hは、ユーザがあるネットに近接、直交するネットだけのノイズ測定を行う場合に用いられる。

【0128】ネット検索部53はネットN2に関連するネットN1、N3を近接ネットとして検索する。この場合にネットN4はモデル化しない。次に、図28に示すプリント回路基板31iは、ネットを指定したいがネット名が分からない場合やある特定のレシーバ回路での遅延時間を測定したい場合に利用される。レシーバ指定部54はレシーバ回路RV1を指定すると、ネットーa全体を指定することになり、ネットーa全体がモデル化される。

【0129】次に、図29に示すプリント回路基板31jは、ネットを指定したいがネット名が分からない場合やある特定のレシーバ回路でのノイズを測定したい場合に利用される。

【0130】前記ネット検索部53はネットーaに接続される指定レシーバRV1、RV2に近接するネットーb及びネットーcを検索する。そして、ネットーb及びネットーcが自動的にモデル化され、ネットーb及びネットーcに電源が与えられて回路シミュレーションが実行される。そして、ネットーaが指定レシーバRV1、RV2に与えるノイズが測定される。

【0131】これによって、配線全体をシミュレーションするよりも配線状態や経験からノイズが大きそうな部分を測定することができる。

<実施の形態6>次に、回路モデル変換部の実施の形態6を説明する。図30に回路モデル変換部が変換すべきプリント回路基板を示す。図30に示すようにプリント回路基板31kは信号を入力する入力ピンP1とネット35と出力ピンP2とレシーバ33をもつ。

【0132】回路モデル変換部がこのような配線情報を回路モデルに変換すると、回路モデルは、図31に示すように電源回路21、入出力ピン(IOPIN)60、ライン回路(Line01)25、レシーバ回路(R

V)26となる。この回路モデルを用いて回路シミュレーションが実行された場合に発振する場合がある。

【0133】このため、実施の形態6では、図32に示すように、電源回路21と入出力ピン60との間に抵抗回路61を割り当てる。これによって、信号が発振することなく確実に回路シミュレーションを行うことができる。

<実施の形態7>次に、回路モデル変換部の実施の形態7を説明する。図33に回路モデル変換部が変換すべきプリント回路基板を示す。図33に示すようにプリント回路基板31lはドライバ32とレシーバ33とクランク状の部分ネットa～cからなるネットとをもつ。

【0134】回路モデル変換部がこのような配線情報を回路モデルに変換すると、回路モデルは、図34に示すようにドライバ回路24、直列に接続される3つのライン回路25a～25c(Line01)、レシーバ回路(RV)26となる。この回路モデルを用いて回路シミュレーションを実行した場合には、かなりの時間がかかる。

【0135】このため、実施の形態7では、回路モデル変換部は3つのライン回路25a～25cを1つの圧縮ライン回路25dに変換する。1つの圧縮ライン回路25dの長さはネットa～cの長さである。

【0136】このように同一の回路が連続する場合には同一の回路モデルを使用することで回路を簡素化する。これによって、シミュレーションした場合にあまり時間がかからなくなる。

<実施の形態8>次に、回路モデル変換部の実施の形態8を説明する。従来の回路シミュレーションにおいては、着目信号のインダクタンス(L)、容量(C)を生成する際に、着目信号を含む断面において電磁界解析を行うため、計算時間がかかりかかる。

【0137】そこで、前記計算時間を短縮するために、実施の形態8はルックアップテーブルに格納された電氣的パラメータを読み出し、回路モデルを自動的に生成する。図36に本発明の実施の形態8に従った回路シミュレーションモデル抽出装置を示す。図36において、回路モデル変換部15fにはパラメータデータベース61が接続される。

【0138】パラメータデータベース61は前記配線データベース14に記憶された配線情報に対応するインダクタンス(L)、容量(C)などの電氣的なパラメータを記憶する。パラメータデータベース61は、前記電氣的なパラメータを格納するルックアップテーブル62を備える。

【0139】前記回路モデル変換部15fは、ルックアップテーブル62に格納された電氣的なパラメータを読み出して電氣的なパラメータを各回路モデルに付加する。ここで、電氣的なパラメータを回路モデルに付加する一例を説明する。プリント回路基板は、図37に示す

ように、3層M1-M3からなる多層プリント回路基板63である。中間層M2に配線長1.5cmをもつ配線64が配置されている。

【0140】また、前記ルックアップテーブル62は、図38に示すように、各層毎に、抵抗R、インダクタンスL、容量Cの各々のパラメータを格納する。図37に示す例では、中間層M2に配線64が配置されるので、回路モデル変換部15fは、前記ルックアップテーブル62内のM2層のパラメータを読み出す。読み出されたパラメータにおいては、抵抗Rが8オーム/cmであり、インダクタンスLが7nH/cmであり、容量Cが80fF/cmである。

【0141】このため、実際の配線は1.5cmであるので、抵抗Rが1.5×8オーム/cmであり、インダクタンスLが1.5×7nH/cmであり、容量Cが1.5×80fF/cmである。

【0142】このように、回路モデル変換部15fは、各回路モデルに必要な前記数値をサブサーキットのパラメータとして読み出し、回路シミュレーション部17は前記パラメータを用いて回路シミュレーションを行う。従って、正確な回路シミュレーションが行え、また、計算時間が大幅に低減できる。

【0143】また、ルックアップテーブルが用いられるので、回路の形状に関係することなく、安定した回路シミュレーション精度を得ることができる。

<実施の形態9>次に、回路モデル変換部の実施の形態9を説明する。従来の回路シミュレーションにおいて、多層プリント回路基板に中継ビアがある場合には、電磁界解析を行うことは困難であった。

【0144】例えば、図39に示すようなプリント回路基板71に内に複数の配線が存在し、シミュレーション部がある着目配線βに関するノイズを測定する場合に、回路モデル変換部は着目配線βにノイズの影響を及ぼす可能性のある配線A、B、C、Dと、着目配線βとの全ての回路モデルを作成する。

【0145】そして、配線A、B、C、Dの各々に電源が接続され、配線βのレシーバにおける電圧変化が測定される。しかし、回路シミュレーションの処理においては、回路モデル化された配線の本数の自乗に比例して時間がかかる。また、回路シミュレーションを実行した結果の精度は悪かった。

【0146】そこで、実施の形態9は、前記課題を解決した。図40に実施の形態9に従った回路シミュレーションモデル抽出装置を示す。図40において、配線データベース14gは、配線情報として、図39に示すプリント回路基板71の1つの着目ネットβ（着目配線β）と4つの影響ネットA、B、C、Dとを格納する。前記1つの着目ネットβは4つの影響ネットA、B、C、Dに近接、直交の少なくとも一方の状態にある。

【0147】前記回路モデル変換部15gは、前記4つ

の影響ネットA、B、C、Dの各々の影響ネット毎に前記1つの着目ネットβと前記各々の影響ネットA、B、C、Dとの間の個別回路モデルを作成する。

【0148】前記シミュレーション部17gは、各々の影響ネット毎に前記回路モデル変換部15gにより作成された個別回路モデルにより前記回路シミュレーションを実行する。前記シミュレーション部17gは、個別クロストークノイズを測定し前記各々の影響ネット毎に測定された個別クロストークノイズを合計することにより前記1つの着目ネットβが前記影響ネットA、B、C、Dから受けるクロストークノイズを算出するノイズ算出部72を備える。

【0149】次に、このように構成された実施の形態9の動作を説明する。まず、前記回路モデル変換部15gは、図39に示すプリント回路基板71の配線情報から図41に示す着目ネットβと影響ネットAとを読み出し、1つの着目ネットβと前記影響ネットAとの間の個別回路モデルを作成する。

【0150】この例では、図9に示した例と同様に、近接したネットをもつ配線情報を変換した個別回路モデルMD1が作成される。すなわち、配線長L91の近接ネットが1ラインサブサーキットに変換され、近接ネットを除く残りのネットが2ラインサブサーキットに変換される。また、図9に示すように、電源サブサーキット、ドライバサブサーキット、レシーバサブサーキットを追加することにより前記個別回路モデルMD1が作成される。

【0151】さらに、前記シミュレーション部17gは、作成された個別回路モデルMD1により前記回路シミュレーションを実行し、ノイズ算出部72は着目ネットβに接続されるレシーバXにおける個別クロストークノイズNS1を測定する。

【0152】次に、前記回路モデル変換部15gは、プリント回路基板71の配線情報から図42に示す着目ネットβと影響ネットBとを読み出し、1つの着目ネットβと前記影響ネットBとの間の個別回路モデルMD2を作成する。

【0153】すなわち、図41に示す例と同様に、配線長L92、L93の近接ネットが1ラインサブサーキットに変換され、近接ネットを除く残りのネットが2ラインサブサーキットに変換される。また、電源サブサーキット、ドライバサブサーキット、レシーバサブサーキットを追加することにより前記個別回路モデルMD2が作成される。

【0154】さらに、前記シミュレーション部17gは、作成された個別回路モデルMD2により前記回路シミュレーションを実行し、ノイズ算出部72は着目ネットβに接続されるレシーバXにおける個別クロストークノイズNS2を測定する。

【0155】次に、前記回路モデル変換部15gは、プ

プリント回路基板71の配線情報から図43に示す着目ネットBと影響ネットCとを読み出し、1つの着目ネットBと前記影響ネットCとの間の個別回路モデルMD3を作成する。

【0156】すなわち、図11に示す例と同様に、直交ネットCR1が容量サブサーキットに変換され、直交ネットを除く残りのネットが2ラインサブサーキットに変換される。また、電源サブサーキット、ドライバサブサーキット、レシーバサブサーキットを追加することにより前記個別回路モデルMD3が作成される。

【0157】さらに、前記シミュレーション部17gは、作成された個別回路モデルMD3により前記回路シミュレーションを実行し、ノイズ算出部72は着目ネットBに接続されるレシーバXにおける個別クロストークノイズNS3を測定する。

【0158】最後に、前記回路モデル変換部15gは、プリント回路基板71の配線情報から図44に示す着目ネットBと影響ネットDとを読み出し、1つの着目ネットBと前記影響ネットDとの間の個別回路モデルMD4を作成する。

【0159】すなわち、図42に示す例と同様に、配線長L94、L95の近接ネットが1ラインサブサーキットに変換され、近接ネットを除く残りのネットが2ラインサブサーキットに変換される。また、電源サブサーキット、ドライバサブサーキット、レシーバサブサーキットを追加することにより前記個別回路モデルMD4が作成される。

【0160】さらに、前記シミュレーション部17gは、作成された個別回路モデルMD4により前記回路シミュレーションを実行し、ノイズ算出部72は着目ネットBに接続されるレシーバXにおける個別クロストークノイズNS4を測定する。

【0161】そして、前記ノイズ算出部72は、測定された個別クロストークノイズNS1、NS2、NS3、NS4を合計することにより総クロストークノイズを得る。得られた総クロストークノイズは、従来の方法により得られたクロストークノイズにほぼ等しい。

【0162】このように、各影響ネット毎に測定された着目ネットのノイズが合成されるので、正確なノイズを測定することができる。また、各影響ネット毎に回路シミュレーションが実行されるので、処理時間が短縮できる。なお、本発明は上述した実施の形態に限定されるものではない。例えば、前記回路モデル変換部は前記ドライバ回路、レシーバ回路の種類を判定し、電源の電圧を調整するようにしてもよい。このようにすれば、ドライバ回路、レシーバ回路を適切に動作させることができ、これらを破壊することもなくなる。

【0163】また、回路モデル変換部はプリント回路基板の入出力ピンと終端抵抗との位置関係によって電源の電圧を調整するようにしてもよい。入出力ピンと終端抵

抗が近接して配置されている場合であって電源電圧が高い場合には信号の発振を発生する場合もある。このような場合には電源電圧を比較的低く設定することで信号の発振を防止することもできる。

【0164】

【発明の効果】本発明によれば、抽出ステップは、記憶された論理情報と配線情報の中から回路シミュレーションを実行すべき論理情報とこの論理情報に対応する前記配線情報とを抽出する。

10 【0165】そして、回路モデル変換ステップは、抽出された論理情報と配線情報とを回路シミュレーションを実行するために適した回路モデルに変換し、さらに、シミュレーションステップは、変換された回路モデルにより回路シミュレーションを実行し抽出された論理情報及び配線情報に対応する複数の部品間での電気的な特性を把握する。

【0166】すなわち、回路モデルが自動的に作成されるので、作成工数を低減でき、かつ作成ミスを低減することができる。また、配線情報が回路モデルに変換される際に、電源回路により電源サブサーキットが作成され、ドライバ回路によりドライバがドライバサブサーキットに変換され、ライン回路によりネットがラインサブサーキットに変換され、レシーバ回路によりレシーバがレシーバサブサーキットに変換される。

【0167】従って、電源からの信号によって回路シミュレーションを実行することでドライバとレシーバ間の電気的な特性が測定できる。また、ラインステップは、抽出された複数のネットの一部分が互いに近接する場合にはその複数のネットの一部分を1つのラインに変換する。また、ラインステップは、抽出された複数のネットの一部分が互いに直交する場合に複数のネットの一部分をキャパシタに変換する。すなわち、実際の配線に合った回路モデルが作成されることから、正確な電気的な特性が測定できる。

【0168】さらに、前記配線情報に基づき各ネット毎に配線情報がサブサーキットに変換でき、配線情報に基づき各ネット毎に近接ネットを検索できる。回路モデル変換により、前記配線情報に基づき各ネット毎に直交ネットが検索でき、さらに、複数のネットから回路シミュレーションを実行すべきネットが指定できる。

【0169】さらに、前記ネットが指定された場合にその指定されたネットに近接する近接ネットが検索でき、前記ネットが指定された場合にその指定されたネットに直交する直交ネットが検索できる。

【0170】また、複数レシーバから回路シミュレーションを実行すべきレシーバが指定でき、その指定レシーバに近接する近接ネットが検索できる。さらに、その指定レシーバに直交する直交ネットを検索することもできる。

【0171】さらに、斜め配線は所定の角度を基準とし

て横方向の配線または縦方向の配線に変換されるので、配線が回路モデル化できる。また、ネット相互間の距離が所定距離を越える場合には回路モデル変換を実行し、近接部分が所定長以下である場合には前記回路モデル変換を行わないので、実際の配線を考慮した電気的特性が得られる。

【0172】さらに、多層間の距離が算出されその距離に応じて容量サブサーキットが作成され、中継ビアは容量サブサーキットに変換されるので、実際の配線を考慮した電気的特性が得られる。

【0173】直前の回路が現回路と同一である場合にはこれら2つの回路は圧縮されるので、回路モデルを簡単化できる。入力するピンがネットを通してレシーバに接続される場合には、抵抗回路は、電源サブサーキットとピンサブサーキットとの間に抵抗サブサーキットを割り当てるので、信号による発振が防止できる。

【0174】また、作成されたルックアップテーブルから前記回路シミュレーションを実行すべきプリント回路基板の配線情報に対応する電気的パラメータが読み出され、前記電気的パラメータが前記配線情報に付加されるので、正確な回路シミュレーションが行える。

【0175】また、前記1以上の影響ネットの各々の影響ネット毎に前記1つの着目ネットと前記各々の影響ネットとの間の個別回路モデルが作成される。そして、各々の影響ネット毎に前記回路モデル変換ステップにより作成された個別回路モデルにより前記回路シミュレーションが実行されて、個別クロストークノイズが測定される。さらに、前記各々の影響ネット毎に測定された個別クロストークノイズが合計されることにより前記1つの着目ネットが前記1以上の影響ネットから受けるクロストークノイズが算出されるので、正確なノイズが測定できる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の回路シミュレーションモデル抽出装置を示す図

【図2】本発明の回路シミュレーションモデル抽出方法を示す図

【図3】本発明の実施の形態1に従った回路シミュレーションモデル抽出装置を示す図

【図4】実施の形態1に従った回路シミュレーションモデル抽出方法を示すフローチャート

【図5】回路モデル変換部及び配線データベースの構成ブロック図

【図6】単純な配線情報のプリント回路基板を示す図

【図7】前記単純な配線情報を変換した回路モデルを示す図

【図8】近接したネットをもつ配線情報のプリント回路基板を示す図

【図9】近接したネットをもつ配線情報を変換した回路モデルを示す図

【図10】直交したネットをもつ配線情報のプリント回路基板を示す図

【図11】直交したネットをもつ配線情報を変換した回路モデルを示す図

【図12】回路モデル変換部の動作を示すフローチャート

【図13】実施の形態2の回路モデル変換部を示す構成ブロック図

【図14】実施の形態2の回路モデル変換部の動作を示すフローチャート

【図15】斜め配線が45度以下である場合の回路モデル変換を示す図

【図16】斜め配線が45度を越える場合の回路モデル変換を示す図

【図17】多層間での平行配線を示す図

【図18】多層間での直交配線を示す図

【図19】実施の形態3の回路モデル変換部と配線データベースを示す図

【図20】近接ネットの例1を示す図

【図21】近接ネットの例2を示す図

【図22】実施の形態4の回路モデル変換部を示す図

【図23】実施の形態4の中継ビアを示す図

【図24】実施の形態4の中継ビアを変換した回路モデルを示す図

【図25】実施の形態5の回路モデル変換部を示す図

【図26】実施の形態5のプリント回路基板の例1を示す図

【図27】実施の形態5のプリント回路基板の例2を示す図

【図28】実施の形態5のプリント回路基板の例3を示す図

【図29】実施の形態5のプリント回路基板の例4を示す図

【図30】実施の形態6の回路モデル変換部が変換すべきプリント回路基板を示す図

【図31】抵抗回路を含まない回路モデルを示す図

【図32】抵抗回路を含む回路モデルを示す図

【図33】実施の形態7の回路モデル変換部が変換すべきプリント回路基板を示す図

【図34】複数の同一のライン回路を含む回路モデルを示す図

【図35】圧縮ライン回路を含む回路モデルを示す図

【図36】本発明の実施の形態8に従った回路シミュレーションモデル抽出装置を示す図

【図37】実施の形態8の多層プリント回路基板を示す図

【図38】ルックアップテーブル内の各層のパラメータを示す図

【図39】クロストークノイズを測定するための例を示す図

33

【図40】実施の形態9に従った回路シミュレーションモデル抽出装置を示す図

【図41】着目ネットが影響ネットAから受ける個別クロストークノイズを説明する図

【図42】着目ネットが影響ネットBから受ける個別クロストークノイズを説明する図

【図43】着目ネットが影響ネットCから受ける個別クロストークノイズを説明する図

【図44】着目ネットが影響ネットDから受ける個別クロストークノイズを説明する図

【符号の説明】

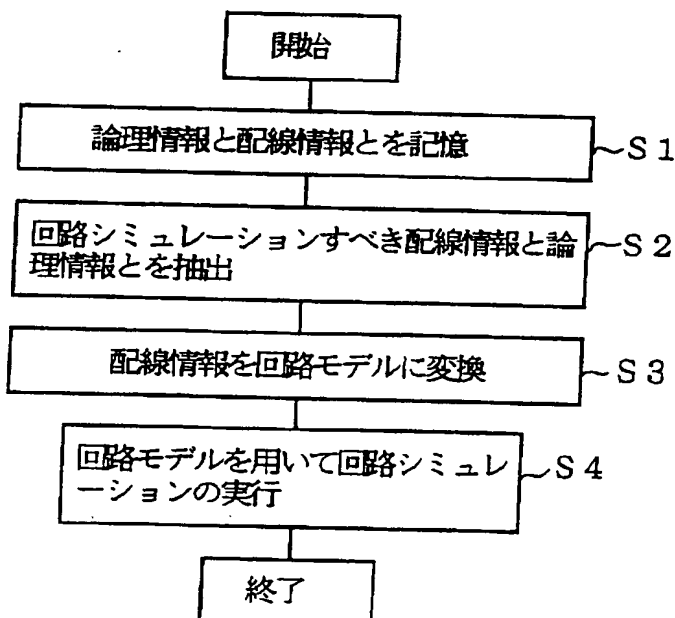
- 11・・・論理情報データベース
- 12・・・配線情報パターンデータベース
- 13・・・抽出部
- 14・・・配線データベース
- 15・・・回路モデル変換部
- 16・・・回路モデルデータベース
- 17・・・回路シミュレーション部
- 18・・・回路シミュレーションファイル
- 21・・・電源回路
- 24・・・ドライバ回路
- 25・・・ライン回路

34

- 26・・・レシーバ回路
- 27・・・サブサーキット格納部
- 28・・・方向変換部
- 29・・・多層間距離算出部
- 31・・・プリント回路基板
- 32, 33・・・LSI
- 34・・・ドライバ
- 35・・・ネット
- 36・・・レシーバ
- 10 41・・・電源サーキット
- 44・・・ドライバサブサーキットDR
- 45・・・ラインサブサーキット
- 46・・・レシーバサブサーキットRV
- 52・・・ネット指定部
- 53・・・ネット検索部
- 54・・・レシーバ指定部
- 61・・・パラメータデータベース
- 62・・・ルックアップテーブル
- 63・・・プリント基板
- 20 64・・・配線
- 72・・・ノイズ算出部

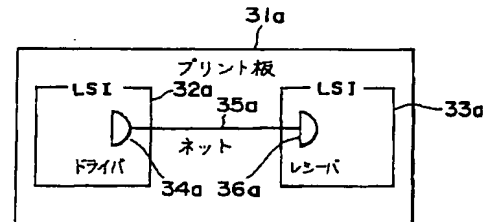
【図2】

本発明の回路シミュレーションモデル抽出方法を示す図



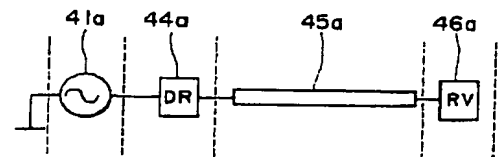
【図6】

単純な配線情報のプリント回路基板を示す図



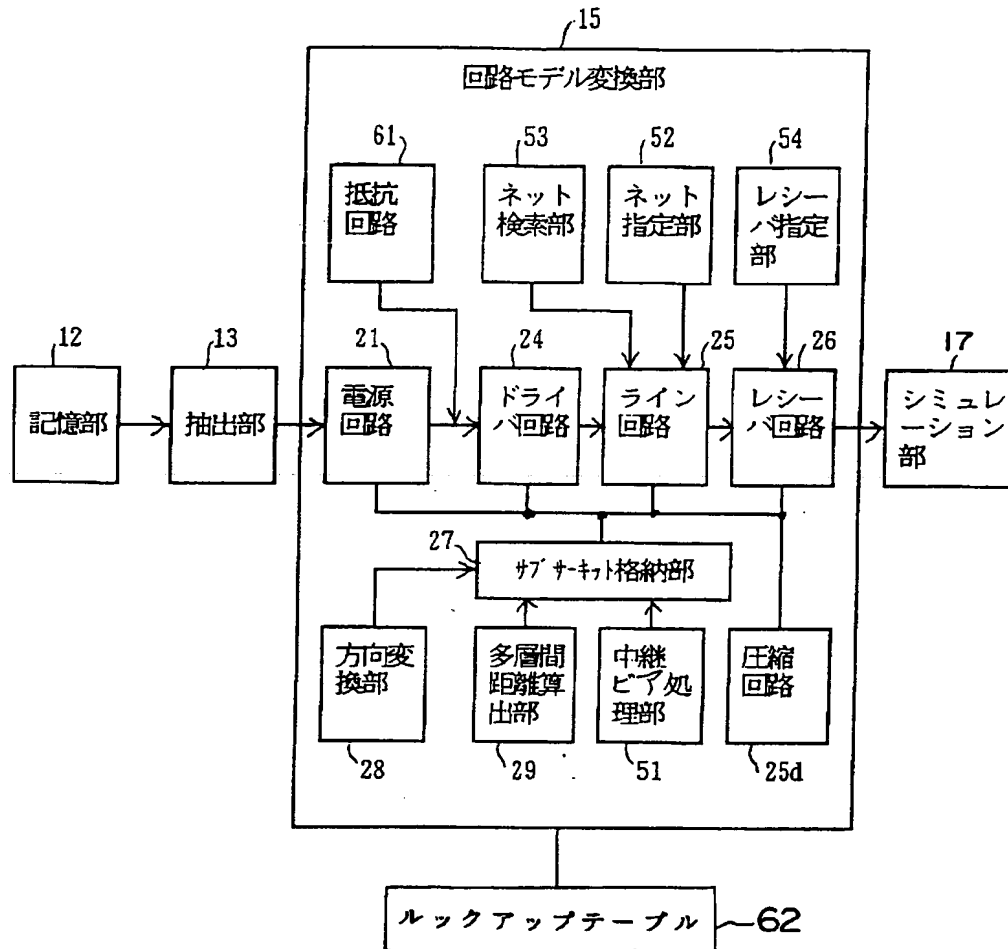
【図7】

前記単純な配線情報を変換した回路モデルを示す図



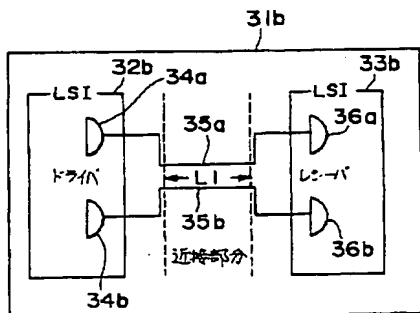
【図 1】

本発明の回路シミュレーションモデル抽出装置を示す図



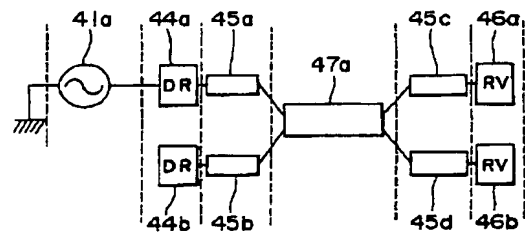
【図 8】

近接したネットをもつ配線情報のプリント回路基板を示す図



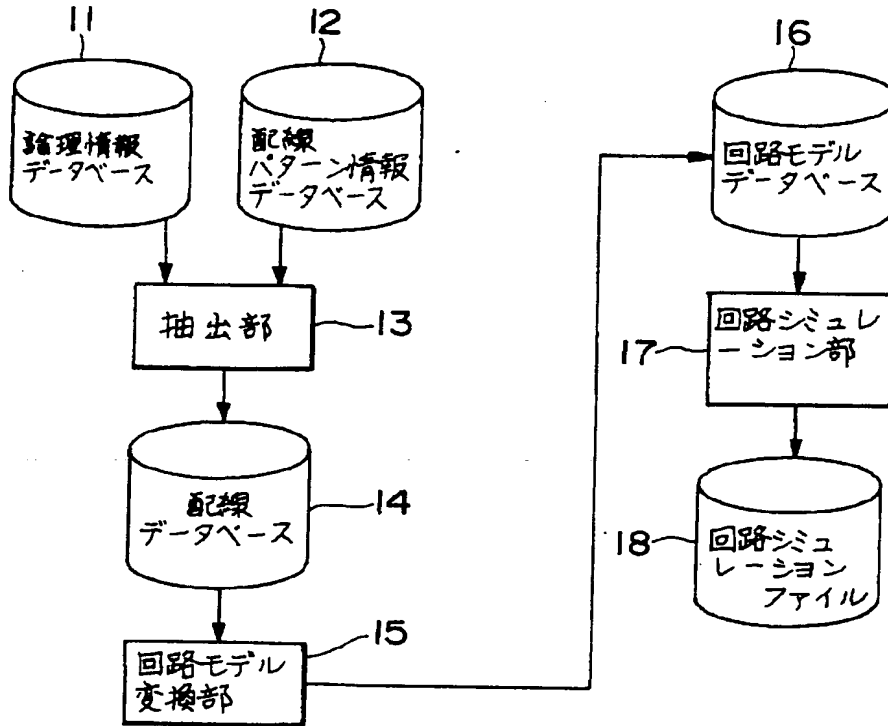
【図 9】

近接したネットをもつ配線情報を変換した回路モデルを示す図



【図 3】

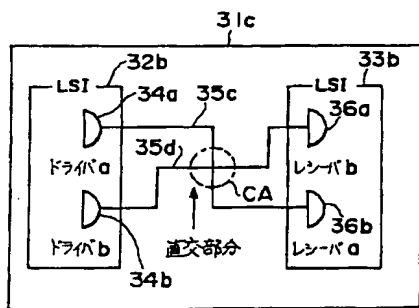
本発明の実施の形態 1 に従った回路シミュレーションモデル抽出装置を示す図



【図 10】

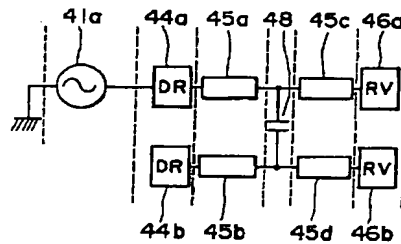
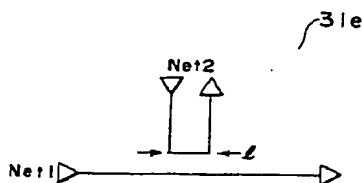
【図 11】

直交したネットをもつ配線情報のプリント回路基板を示す図 直交したネットをもつ配線情報を変換した回路モデルを示す図



【図 21】

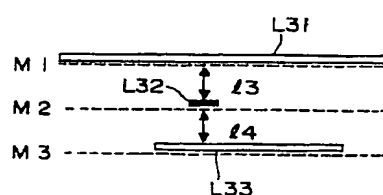
近接ネットの例 2 を示す図



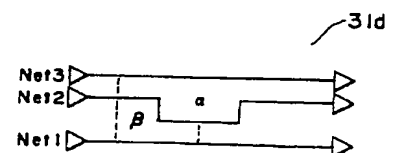
【図 18】

【図 20】

多層間での直交配線を示す図

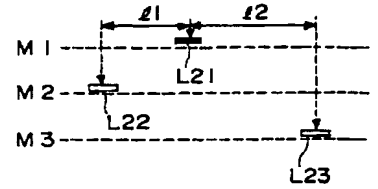


近接ネットの例 1 を示す図



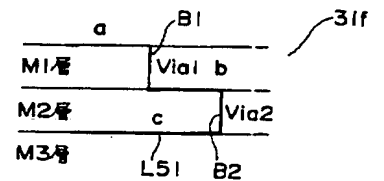
【図 17】

多層間での平行配線を示す図



【図 23】

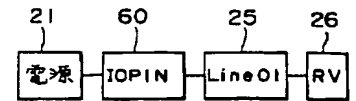
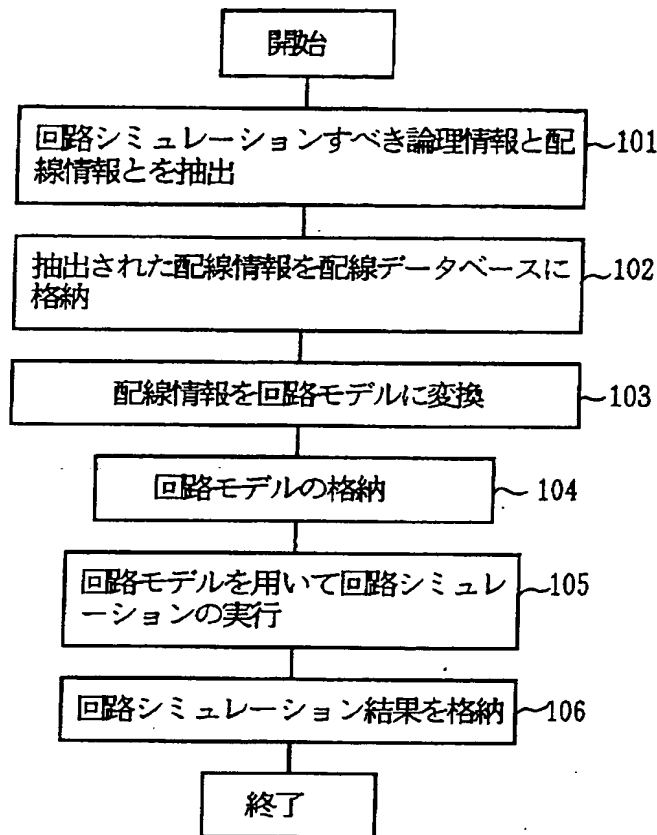
実施の形態 4 の中継ビアを示す図



【図 4】

【図 3 1】

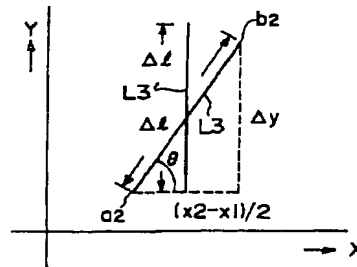
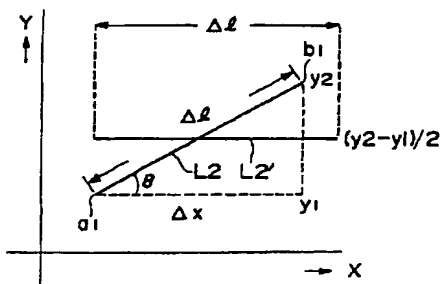
実施の形態 1 に従った回路シミュレーションモデル抽出方法を示すフローチャート



【図 1 5】

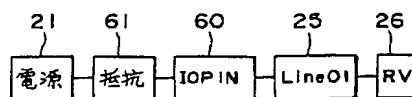
【図 1 6】

斜め配線が 45 度以下である場合の回路モデル変換を示す図



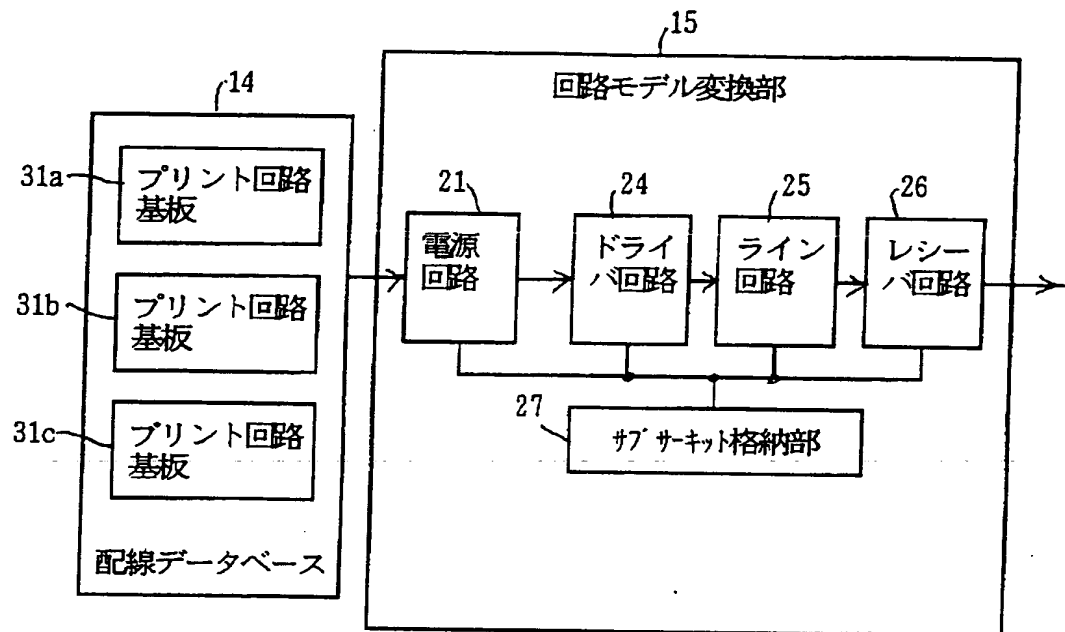
【図 3 2】

抵抗回路を含む回路モデルを示す図



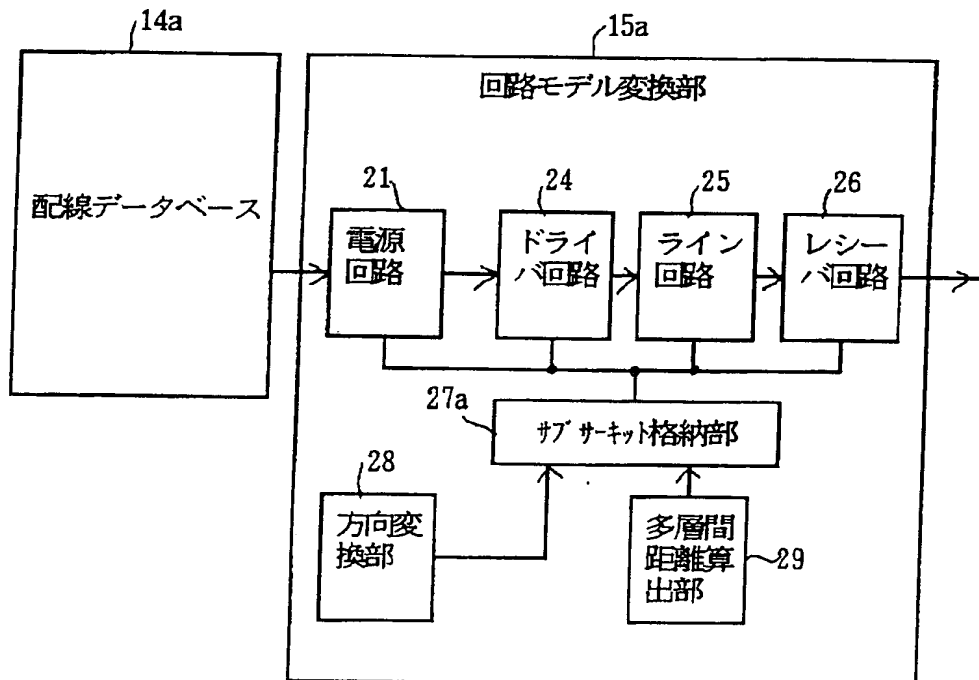
【図 5】

回路モデル変換部及び配線データベースの構成ブロック図



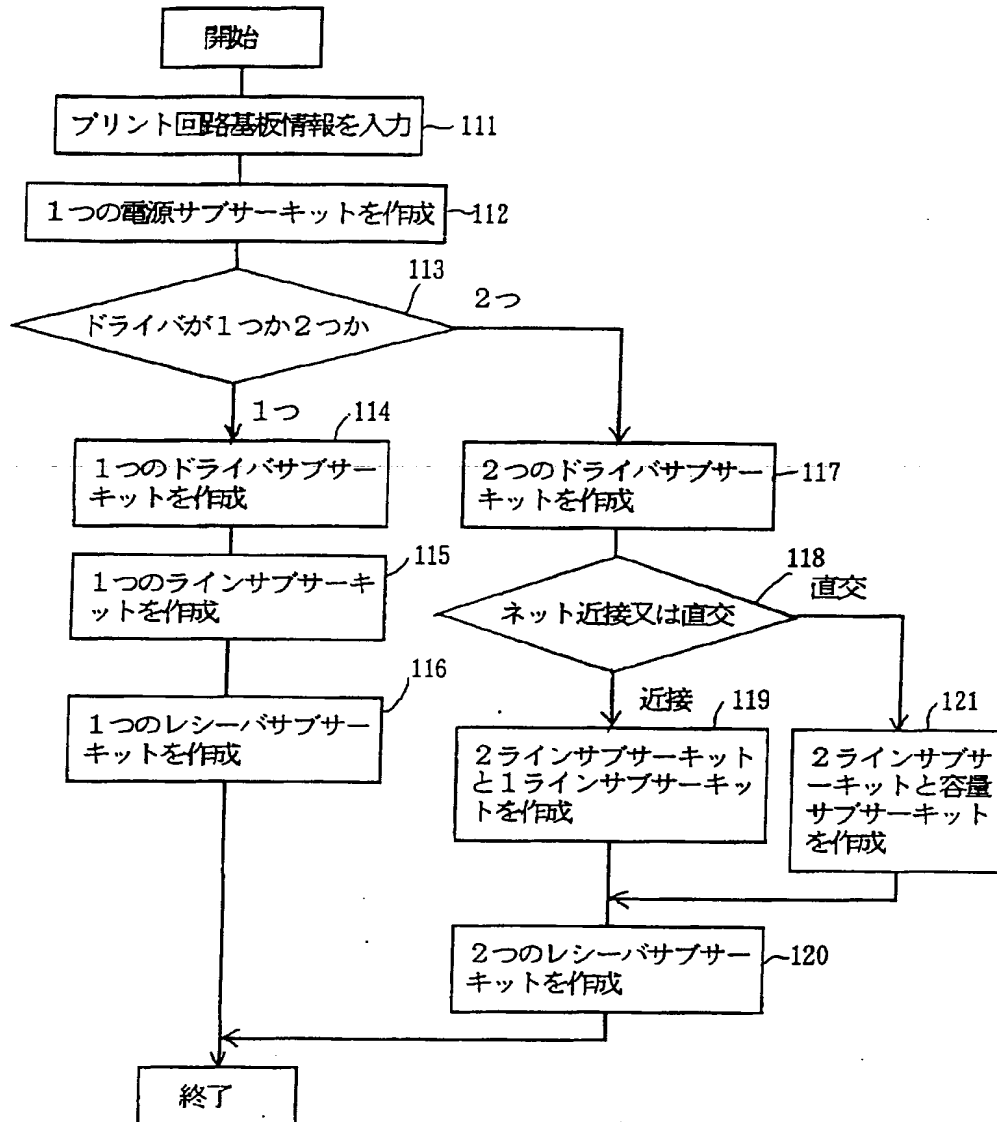
【図 13】

実施の形態 2 の回路モデル変換部を示す構成ブロック図



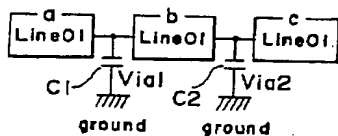
【図12】

回路モデル変換部の動作を示すフローチャート



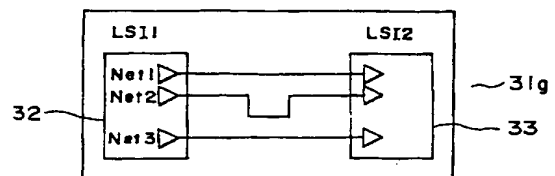
【図24】

実施の形態4の中継ビアを変換した回路モデルを示す図



【図26】

実施の形態5のプリント回路基板の例1を示す図

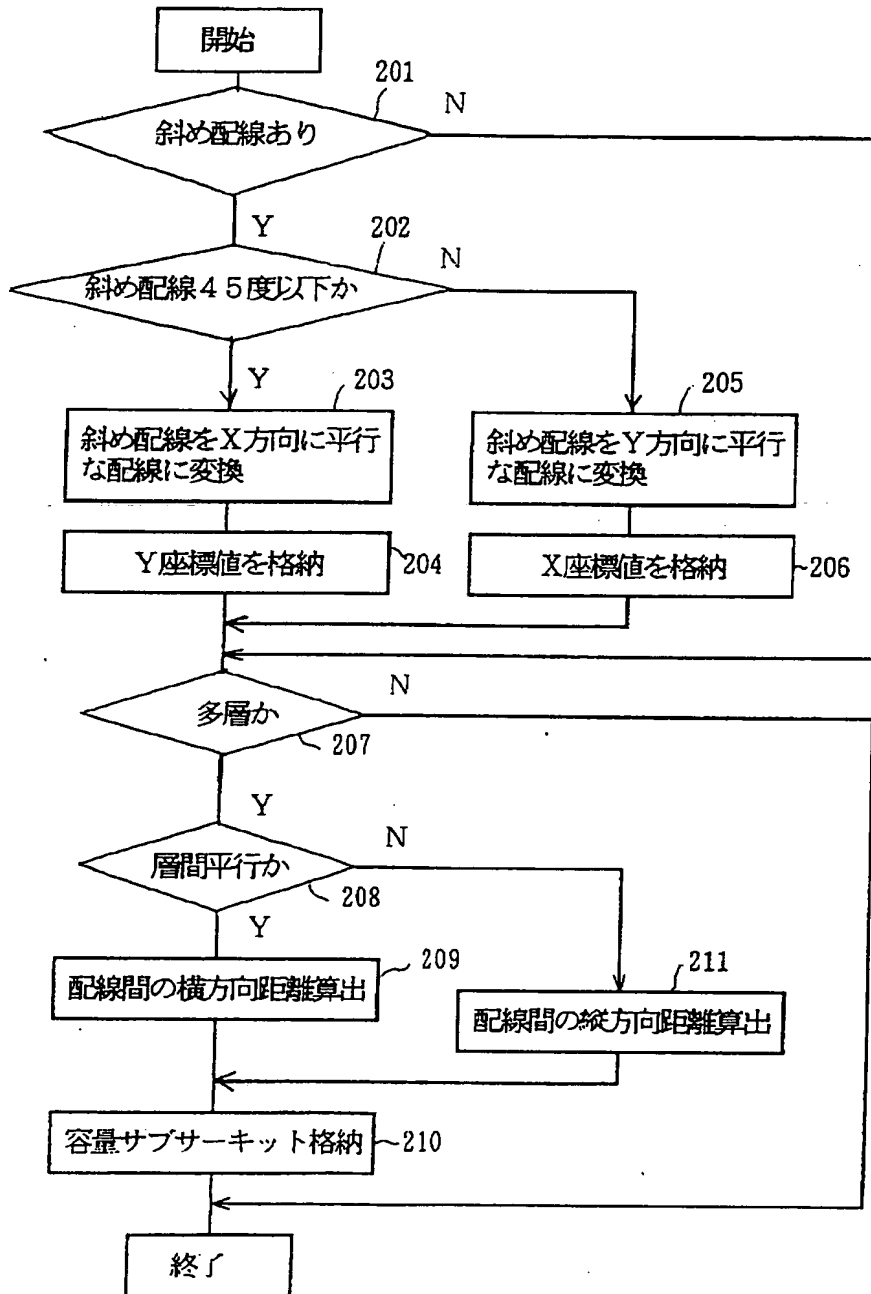


【図14】

【図30】

実施の形態2の回路モデル変換部の動作を示すフローチャート

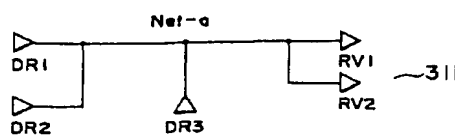
実施の形態6の回路モデル変換部が変換すべきプリント回路基板を示す図



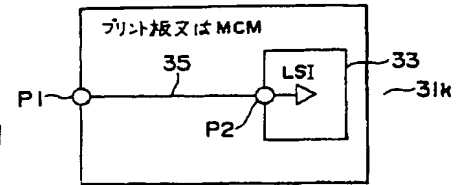
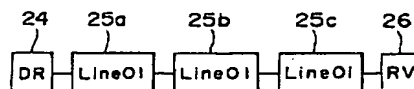
【図28】

【図34】

実施の形態5のプリント回路基板の例3を示す図

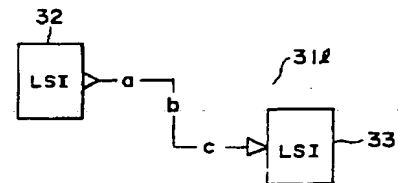


複数の同一のライン回路を含む回路モデルを示す図



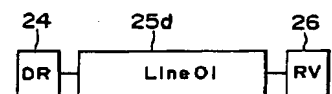
【図33】

実施の形態7の回路モデル変換部が変換すべきプリント回路基板を示す図



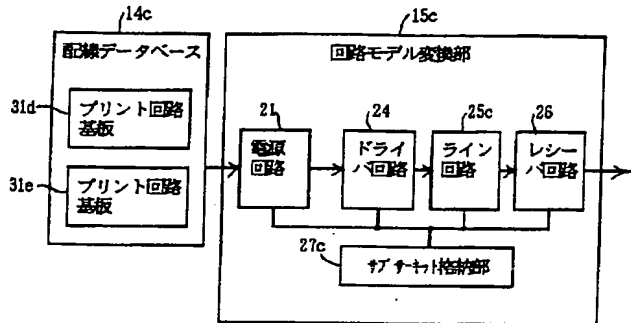
【図35】

圧縮ライン回路を含む回路モデルを示す図



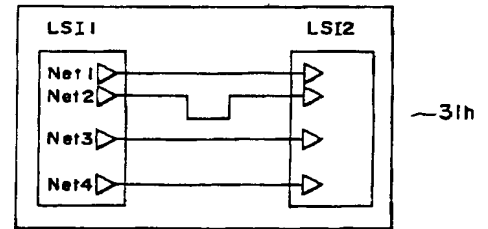
【図19】

実施の形態3の回路モデル変換部と配線データベースを示す図



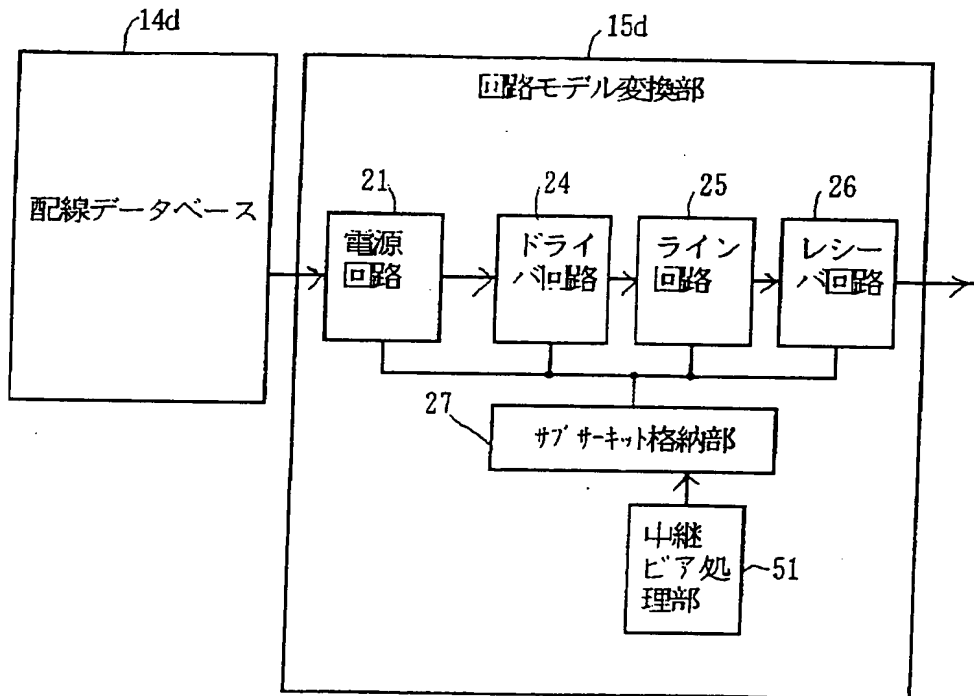
【図27】

実施の形態5のプリント回路基板の例2を示す図



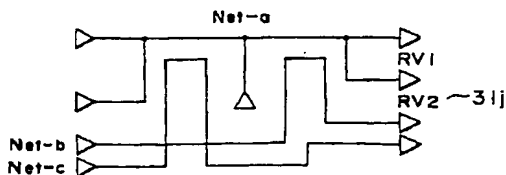
【図22】

実施の形態4の回路モデル変換部を示す図



【図29】

実施の形態5のプリント回路基板の例4を示す図



【図38】

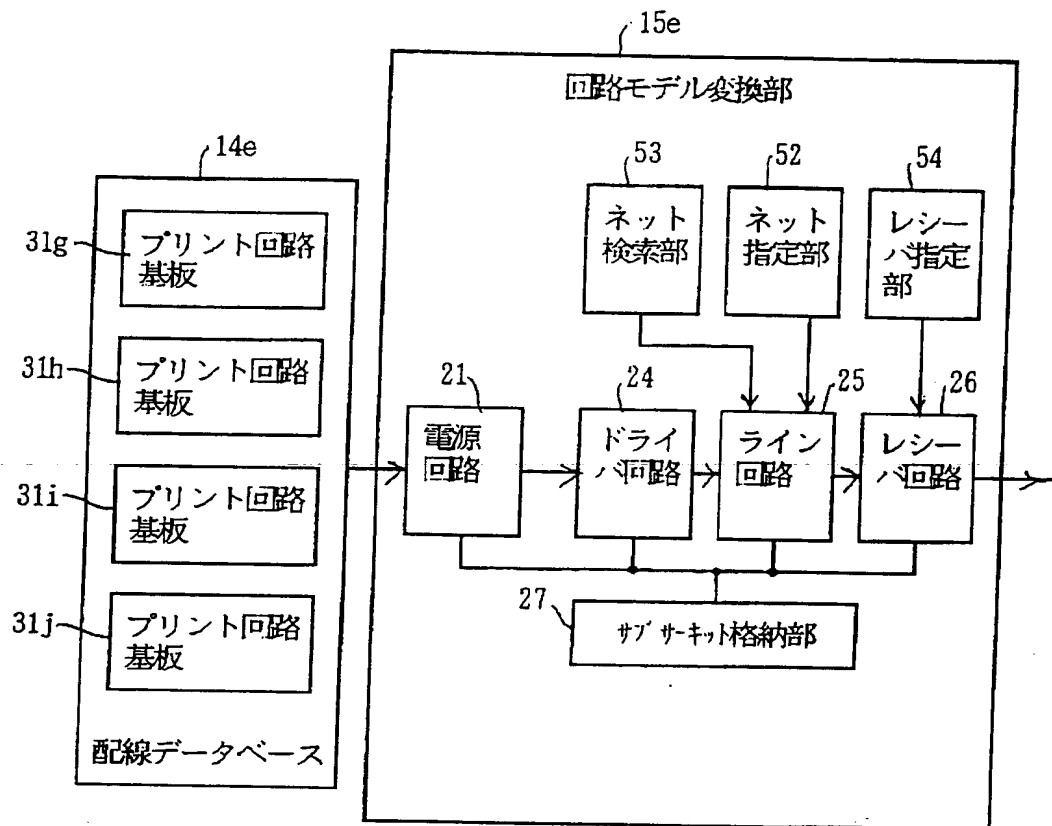
ルックアップテーブル内の各層のパラメータを示す図

62

層	抵抗 R ( $\Omega/\text{cm}$ )	インダクタンス L (nH/cm)	容量 C (fF/cm)
M1	2	5	100
M3	8	4	500

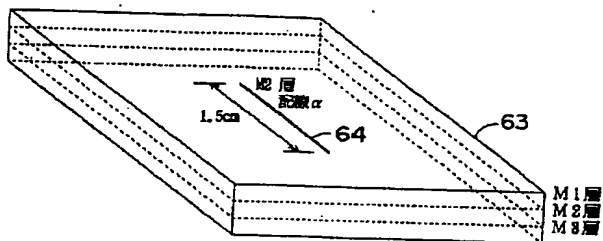
【図 25】

実施の形態 5 の回路モデル変換部を示す図



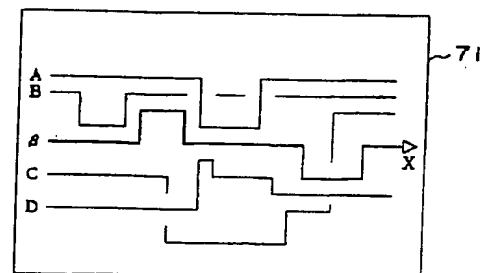
【図 37】

実施の形態 8 の多層プリント回路基板を示す図



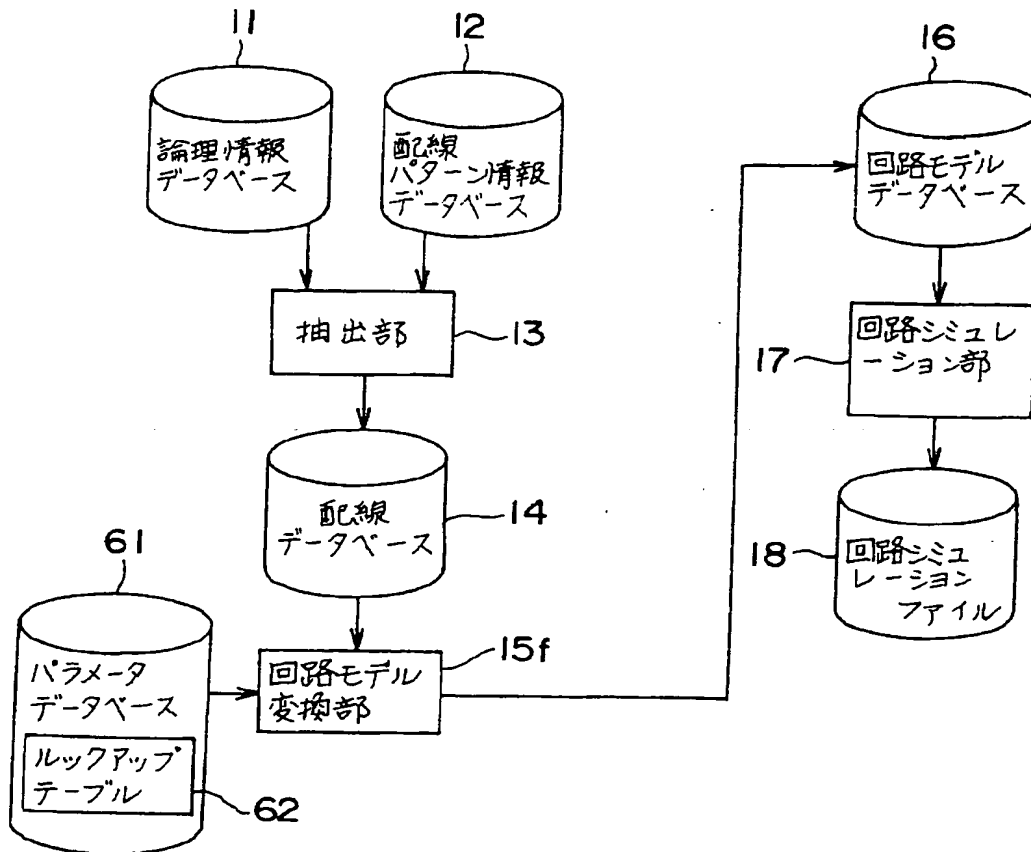
【図 39】

クロストークノイズを測定するための例を示す図



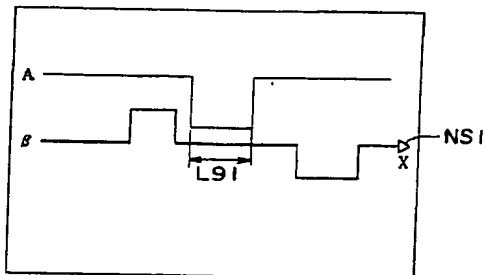
【図36】

本発明の実施の形態8に従った回路シミュレーションモデル抽出装置を示す図



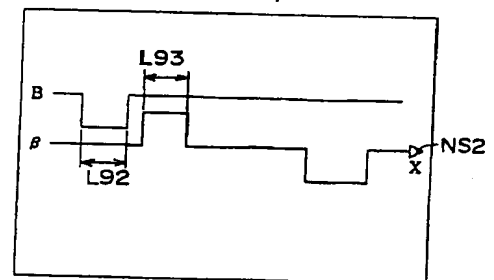
【図41】

着目ネットが影響ネットAから受ける個別クロストークノイズを説明する図



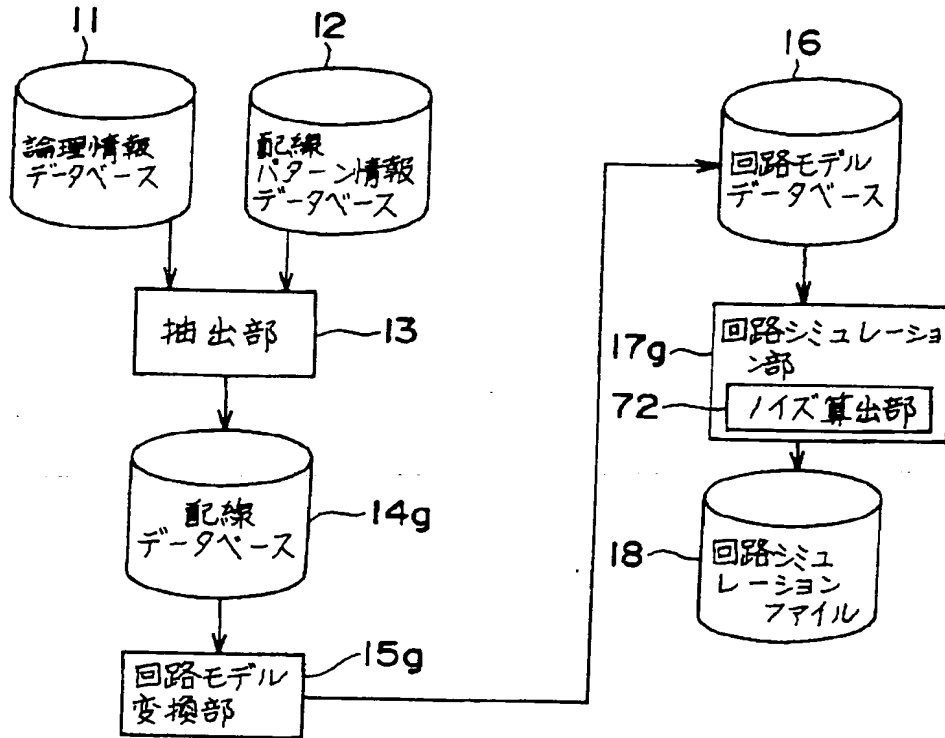
【図42】

着目ネットが影響ネットBから受ける個別クロストークノイズを説明する図



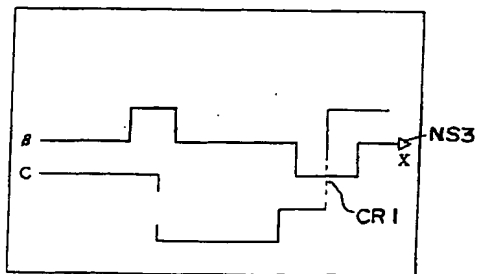
【図40】

実施の形態9に従った回路シミュレーションモデル抽出装置を示す図



【図43】

着目ネットが影響ネットCから受ける側面クロストークノイズを説明する図



【図44】

着目ネットが影響ネットDから受ける側面クロストークノイズを説明する図

